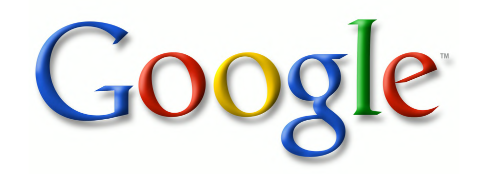
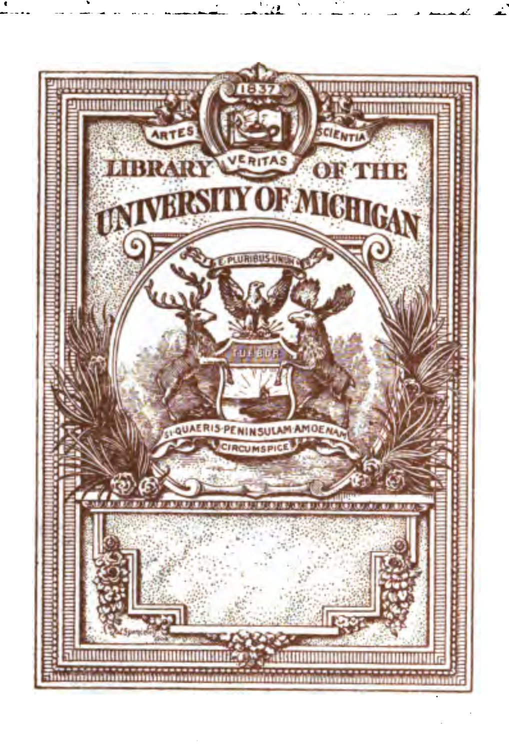
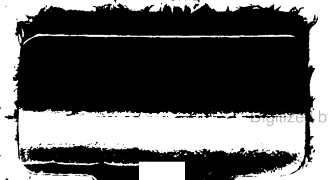


Prof. Dr. H. Stoetzer.

Waldwegebaukunde.




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE





U. S.

Waldwegebaukunde

nebst Darstellung der

Waldeisenbahnen.

Ein Handbuch für Praktiker

und

Leitfaden für den Unterricht

von

Prof. **Dr. Hermann Stoetzer,**

Grossherzogl. Sächs. Geh. Oberforstrat und Direktor der Forstlehranstalt Eisenach.

Mit 112 Figuren in Holzschnitt und 3 lithogr. Tafeln.

Vierte vermehrte und verbesserte Auflage.



Frankfurt a. M.

J. D. Sauerländer's Verlag.

1903.

G. Otto's Hof-Buchdruckerei in Darmstadt.

Vorwort zur ersten Auflage (1877).

Nicht ohne einige Schüchternheit übergibt der Verfasser dem Publikum die vorliegende Schrift über Waldwegebau. Hat doch die forstliche Literatur mehrere bedeutende Leistungen auf diesem Gebiete aufzuweisen, die bei Manchem die Frage anregen werden, ob das Erscheinen eines weiteren Handbuches der Waldwegebaukunde überhaupt Bedürfnis gewesen sei.

Allerdings kann sich der Verfasser nicht schmeicheln, in dem vorliegenden Werkchen Methoden geschildert zu haben, denen der Vorzug der Neuheit und Originalität innewohnt. Er hat sich nur bemüht, dasjenige in verständlicher und leicht fasslicher Darstellung dem Publikum zu bieten, was sich bei ihm selbst im Laufe einer längeren Praxis als nützlich erwiesen hat und er hofft, hierbei das Mass desjenigen getroffen zu haben, was dem Anfänger und dem noch in der Ausbildung begriffenen Praktiker zu wissen Not tut. Er hat sich bestrebt, seine Arbeit von dem für die eigentliche Praxis Unfruchtbaren fern zu halten, aber auch auf der anderen Seite nicht den Standpunkt der blossen Empirie zu behaupten, vielmehr die dargestellten Lehren wissenschaftlich zu begründen, soweit es notwendig und nützlich erschien.

Das Ziel des Buches ist sonach nicht darauf gerichtet, dem durchgebildeten Waldwegebautechniker neue Seiten seiner Wissenschaft zu eröffnen; ein Hülfsbuch für den angehenden Praktiker wollte der Verfasser schreiben, wozu ihm das Bedürfnis auch heute noch vorhanden zu sein scheint,

selbst nachdem vor kurzem Schuberg's Waldwegebau und die zweite Auflage von Scheppler's Nivellieren und Waldwegebau erschienen sind.

Dass dieses Bedürfnis in der That vorliegt, ist dem Verfasser von den verschiedensten Seiten bestätigt worden und er kann nur wünschen, dass es ihm gelungen sein möge, mittelst der vorliegenden Schrift einen, sowohl nach der Form und Verständlichkeit der Darstellung, als auch nach dem Umfang des mitgeteilten Materials nicht ganz unbefriedigenden Beitrag zur Ausfüllung der vorhandenen Lücke geliefert zu haben.

Vorwort zur vierten Auflage.

Das Bedürfnis zur Herausgabe einer neuen Auflage vorliegender Schrift bewies dem Verfasser, dass dieselbe sich bei dem forstlichen Publikum einigermassen eingebürgert habe, so dass Anlass zu namhaften Änderungen nicht vorhanden war. Nur schien es erforderlich, bei der gesteigerten Bedeutung der Waldeisenbahnen eine gedrängte Darstellung derselben nicht länger fehlen zu lassen.

Eisenach, im April 1903.

Der Verfasser.

Inhalts-Übersicht.

§ Seite

Dritte Abteilung.

Die Wegebauarbeiten und ihre Kosten, sowie die Massregeln der Wegeunterhaltung.

1. Kapitel. Die Wegebauausführungen.

1. Abschnitt. Grund- oder Unterbau.

2. Abschnitt. Oberbau.

3. Abschnitt. Bauten zur Wasserableitung.

4. Abschnitt. Sicherheitsbauten und Baumpflanzungen an Strassen und Wegen.

2. Kapitel. Veranschlagung der Kosten der Bauausführungen.

§ Seite

Vierte Abteilung.

Die Waldeisenbahnen.

Anhang.

Einleitung.

Allgemeines.

§ 1.

Die Lehre vom Waldwegebau, d. h. die Lehre von der zweckmässigsten und besten Anlage und Unterhaltung der Waldwege ist erst mit der fortschreitenden Entwickelung der gesamten Waldwirtschaft und mit der zunehmenden Ausbildung rationeller Grundsätze über Forstbenutzung und Waldbehandlung entstanden; sie ist ein Kind der neueren Zeit. Jahrtausende sind verflossen, ehe man dazu gelangte, durch Anlage regelmässiger Wege dem Holztransport die entsprechenden Bahnen zu verschaffen, und noch jetzt ist man an manchen Orten weit davon entfernt, das Ziel erreicht zu haben, was bei der fortgeschrittenen Entwickelung der Waldwirtschaft heute als das Ideal aufgestellt ist; noch jetzt ist der Begriff der Holzwege bisweilen identisch mit dem Begriff der schlechtesten Wege.

Während zur Zeit der Urwälder nur Fusssteige die Waldungen zugänglich machten, bildeten sich dieselben mit der Anwendung der Räder und der Entwickelung der Fuhrwerke nach und nach zu einer Art von Fahrwegen aus, welche dem Boden und Gelände folgten da wo das letztere zugänglich war und der erstere sich am leichtesten von selbst fest fuhr.

Auf die Verbesserung dieser Art von Waldwegen irgend erhebliche Mittel und Arbeit zu verwenden, konnte erst einer

schon weit vorgeschrittenen Kultur zugemutet werden; man erwäge, in welchem traurigen Zustand selbst noch im späteren Mittelalter die öffentlichen Wege in Deutschland gewesen sein mögen, wie z. B. berichtet wird, dass noch vor einigen Jahrhunderten Kaufleute zu einer Fahrt von Halle nach Leipzig, also zur Zurücklegung einer Strecke von 4 Meilen auf einer der besuchtesten Handelsstrassen 3—4 Tage brauchten, weil die Frachtgüter bald über Steine und Felsblöcke hinweggehoben, bald Pferde und Wagen aus dem 3—4 Fuss tiefen Schlamm herausgearbeitet werden mussten.

In vielen Waldgegenden hatte man zudem das Mittel der Flösserei, um einen grossen Teil der geschlagenen Hölzer auf einfache und billige Weise aus unwegsamen Waldungen wegzubringen und den Transport schwerer Nutzholzstämme beschränkte man bei dem geringen Absatz derselben auf dasjenige, was an den Aussenrändern der Waldungen zu schlagen war, während im Innern gar manches Stück Starkholz im Wald vermoderte. Für die Beförderung des Absatzes von Brennholz begünstigte man die Anlage holzkonsumierender Etablissements (Hochöfen, Glashütten).

Zudem hatte man erst in vorgeschrittenen Perioden, nämlich erst nach Eintritt grösserer Konkurrenz und nach Einführung des auktionsweisen Verkaufs der Forstprodukte Gelegenheit, zu erkennen, welchen Einfluss der Waldwegebau auf die Steigerung des Waldeinkommens auszuüben im Stande sei. Der frühere Verkauf des Holzes nach feststehenden Taxen liess es dem Waldbesitzer meistens ziemlich gleichgültig erscheinen, ob der Käufer sich guter oder schlechter Wege zum Transport zu bedienen habe; waren sie ihm nicht gut genug, so musste er sie selbst in Stand setzen. Etwas bessere Wegzustände fanden sich immer noch in der Ebene, wo man schon länger eine regelmässige Waldeinteilung besass und die sogenannten „Gestelle“ zu Wegen benutzte. Im Gebirge fürchtete man bisweilen sogar mit Anlage von Wegen den Feind ins Land zu locken (cf. v. Berg in Denglers Monatsschrift 1864 S. 222).

Erst das Beispiel der besseren Kommunikationsmittel ausserhalb der Waldungen veranlasste den Forstwirt, auch innerhalb seines Bezirkes ähnliches zu schaffen; öfters wurden auch neue Landstrassen von Ingenieuren von Fach durch die Wälder selbst hindurch angelegt und der Forstmann gelangte dazu, sich einige Fertigkeiten anzueignen, um das Gesehene nachzuahmen und zu benutzen.

War aber erst einmal bei irgend einer Gelegenheit erkannt worden, welchen Einfluss ein guter Weg auf die Möglichkeit besserer Ausnutzung und Verwertung der Forstprodukte ausübe, hatte man erst einmal gesehen, dass die Kosten einer solchen Anlage sich nicht selten in wenig Jahren durch die Steigerung der Holzpreise wieder gewinnen lassen, dann war man schnell für die allgemeinere Einführung eines systematischen Waldwegebaues gewonnen.

Am fühlbarsten mussten sich solche Erwägungen geltend machen in Gebirgsgegenden, welche — an und für sich weit weniger zugänglich — eines besseren Aufschlusses ihrer Waldschätze mittelst Anlage guter Wege am meisten bedurften, wogegen in der Ebene — wie schon oben angedeutet — die Gestelle für die Holzabfuhr früher vorhanden waren und sich mit weniger Mühe und Kunst zu brauchbaren Kommunikationswegen herrichten liessen. Der unleugbare Aufschwung, den der Waldwegebau, insbesondere in den deutschen Gebirgsgegenden seit den 1860er Jahren genommen hat, führte nach und nach zur Ausbildung einer eigenen Wissenschaft des Waldwegebaues, welche zwar in der Hauptsache sich an die Lehren des allgemeinen Strassenbaues anzulehnen hatte, jedoch eine, der forstlichen Wegebaukunde eigene neue Disziplin schuf, die Lehre von der Konstruktion rationeller Waldwegenetze, an die sich die wirtschaftliche Einteilung des Waldes möglichst anschliessen soll.

Das Bestreben, den Transport grösserer Holzmassen möglichst zu erleichtern und zu verbilligen, hat seit einer Reihe von Jahren zur Herstellung von Schienenwegen im Walde (Waldeisenbahnen) geführt, deren grosse Bedeutung für ge-

wisse Verhältnisse ganz unverkennbar ist, sodass durch ihre Einführung in den forstlichen Betrieb unter den geeigneten Voraussetzungen ganz erhebliche Ertragssteigerungen herbeigeführt werden können.

Literatur.

§ 2.

Hiernach konnte es nicht fehlen, dass sich im Laufe der Zeit auch eine eigene Literatur der Waldwegebaukunde entwickelte, welche wir nachfolgend in ihren hervorragendsten Leistungen aufführen:

Abgesehen von demjenigen, was wir in Jägerschmidt, Handbuch für Holztransport und Flosswesen, finden, sind besonders zu erwähnen:

Carl, Anleitung zum Waldwegebau. — Stuttgart und Tübingen, 1842.

Neidthardt, Waldwegebau. Biedenkopf 1852.

Dengler, Weg-, Brücken- und Wasserbaukunde für Land- und Forstwirte. 1. Auflage. Stuttgart 1863. 2. Auflage 1868.

Scheppler, das Nivellieren und der Waldwegebau. 1. Auflage. Aschaffenburg 1863. 2. Auflage 1873.

Heyer, Dr. Eduard, Anleitung zum Bau von Waldwegen. Giessen 1864.

Schuberg, der Waldwegbau und seine Vorarbeiten. 2 Bde. Berlin 1873 und 1874.

Wimmenauer, Dr., Grundriss der Waldwegebaulehre, nebst einer Aufgabensammlung. Leipzig 1896.

Dotzel, K., Handbuch des forstlichen Wege- und Eisenbahnbaues. Berlin 1898.

Marchet, T., Waldwegebaukunde Bd. I. Berlin 1898.

Die forstliche Einteilung und Wegenetzlegung behandeln:

Mühlhausen, Carl, das Wegenetz des Lehrforstreviers Gahrenberg. Frankfurt a. M. 1876.

Raess, Dr. H. J., Waldwegenetz und Waldeinteilung im Gebirge. München 1880.

Martin, Dr. Kgl. Preuss. Oberförster. Wegenetz, Einteilung und Wirtschaftsplan in Gebirgsforsten. Münden 1882.

Runnebaum, Kgl. Preuss. Forstmeister. Forstvermessung und Waldeinteilung. Berlin 1890.

Kaiser, O. Die wirtschaftliche Einteilung der Forsten mit besonderer Berücksichtigung des Gebirges in Verbindung mit der Wegenetzlegung. Berlin 1902.

Ferner sind hier noch zu erwähnen:

Heyer, Dr. Eduard. Tafeln zur Erdmassenberechnung beim Bau der Waldwege. Berlin 1879.

Grundner, Dr. Taschenbuch zur Erdmassenberechnung bei Waldwegebauten in ebenem und geneigtem Terrain. Berlin 1884.

Runnebaum, die Waldeisenbahnen. Berlin 1886.

Übersicht.

§ 3.

Die Darstellung unseres Gegenstandes muss sich auf eine genaue Kenntnis der Grundlagen und Faktoren stützen, welche auf den Waldwegebau Einfluss ausüben und die verschiedenen Arten der Wegebauten bedingen. Erst nach Abhandlung derselben kann die Beschreibung der eigentlichen Bauarbeiten an die Reihe kommen.

Hiernach ergiebt sich folgende Einteilung für die Behandlung des Stoffes:

I. Abteilung: Allgemeine Vorbegriffe und Erörterungen.

II. Abteilung: Ermittelung und Feststellung der Grundlagen für den Waldwegebau: die Vorarbeiten.

III. Abteilung: Die Lehre von den eigentlichen Bauarbeiten und der Wegeunterhaltung.

IV. Abteilung: Die Waldeisenbahnen.

Erste Abteilung.

Allgemeine Vorbegriffe und Erörterungen.

A. Vorbegriffe.

§ 4.

Wenn man unter Wegen oder Strassen die nach bestimmten Regeln gebauten dauerhaften Anlagen versteht, welche eine zweckentsprechende, bequeme, sichere und ungestörte Kommunikation zu Lande ermöglichen, so sind die Waldwege als diejenigen derartigen Bauten zu bezeichnen, welche vornehmlich dem Transport der Waldprodukte auf der Achse, sodann aber auch dem geregelten Verkehr innerhalb der Waldungen überhaupt zu dienen bestimmt sind.

Denjenigen Durchschnitt, welcher die Erdoberfläche in der Längenrichtung eines Weges senkrecht auf denselben durchschneidet, nennt man das Längenprofil.

Eine Wegfläche, deren Längenprofil horizontal ist, das heisst in der Richtung des stillstehenden Wassers liegt, heisst eben; bildet hingegen das Längenprofil mit der horizontalen Ebene einen Winkel (Neigungswinkel), so stellt die Wegfläche eine schiefe Ebene dar.

Die Neigung eines Weges bezeichnet man durch den kleineren Winkel, welchen die Wegmittellinie mit der Horizontalen bildet; Gefäll ist das Verhältnis der Höhendifferenz zweier Punkte zu ihrer Längenentfernung. Das Gefäll pflegt man in Prozenten der horizontalen Entfernung auszudrücken. Ist z. B. eine Weglinie 140 Meter lang und beträgt die Höhe des Endpunktes über der Höhe des Anfangspunktes 7 Meter, so ist das Steigungsverhältnis in Prozenzen $= 140 : 7 = 100 : x$, also $x = \frac{700}{140} = 5\%$.

Ebenso bezeichnet man wohl auch die Steigung nach den Graden des Steigungswinkels. Ist dieses der Fall, so findet

man das relative Gefälle nach Prozenten der Horizontalentfernung aus der Tangente dieses Winkels. Bei Eisenbahnbauten, welche die Anwendung nur sehr geringer Gefällprozente gestatten, ist es üblich, die Höhendifferenz zwischen zwei Punkten = 1 zu setzen und die Länge der Strecke in einem Vielfachen dieser Höhe zu bezeichnen. Beispielsweise entspricht hier der Begriff einer Steigung von 1 : 170 einem Steigungsprozent von 0,588 % nach der Proportion 170 : 1 = 100 : x, woraus $x = \frac{100}{170} = 0,588$.

Gegenfälle oder verlorene Steigung entsteht, wenn ein Weg, der nach seiner Richtung bestimmt ist, mit einer gewissen Neigung in die Höhe zu steigen, von einem einmal erreichten Punkt wieder abwärts geführt wird, um sodann später wieder aufs Neue zu steigen.

Wird die Wegfläche durch senkrechte Ebenen geschnitten, welche rechtwinklig auf dem Längenprofil stehen, so erhält man die s. g. Querprofile. Dieselben zeigen ausser der Wegkrone im Aufriss noch die Weggräben und die Böschungen.

Die Wegkrone umfasst die zum Gebrauch der Fuhrwerke bestimmte Fahrbahn nebst den Fussbänken oder Banketts, die sich beiderseits an die Fahrbahn anschliessen und für die Benutzung der Fussgänger, oft auch für die Auflagerung von Reparatursteinen und Holz dienen.

Die Weg- oder Seitengräben sind Vertiefungen, welche behufs Ableitung des der Strasse nachteiligen Wassers je nach der Lage derselben auf einer oder auf beiden Seiten, gleichlaufend mit der Strassenrichtung angelegt sind. Der vertikale Durchschnitt eines Grabens bildet ein Trapez, dessen untere Seite die Sohle genannt wird.

Unter Böschung versteht man beim Wegbau diejenige Neigung, welche eine abgedachte Fläche gegen die Horizontalebene hat. Der

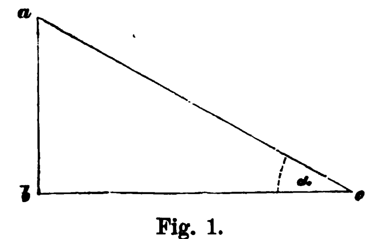


Fig. 1.

Querschnitt einer Böschung stellt hiernach ein rechtwinkliges Dreieck a b c (Fig. 1) dar, in welchem a b die **Höhe** der Böschung bezeichnet, während b c der Fuss derselben genannt wird (Ausladung); a c ist die Böschungslinie und der Winkel α gibt die Neigung der Böschung an (Böschungswinkel).

Die Böschungen sind verschieden, je nach dem Grad ihres Neigungswinkels; anstatt jedoch die Steilheit einer Böschung durch die Angabe der Grade in Zahlen zu bezeichnen, pflegt man als Massstab den Fuss der Böschung mit der Höhe zu vergleichen und sagt von der Böschung a c b (Fig. 2), bei welcher a b = b c, sie sei eine einfache oder einfussige, während a c' b, da b c' = $^{1}/_{2}$ a b, als halbe oder halbfüssige, a c'' b hingegen als $1^{1}/_{4}$-fache oder $1^{1}/_{4}$fussige, a c''' b als $1^{1}/_{2}$fache, a c'''' b als zweifache Böschung bezeichnet wird.

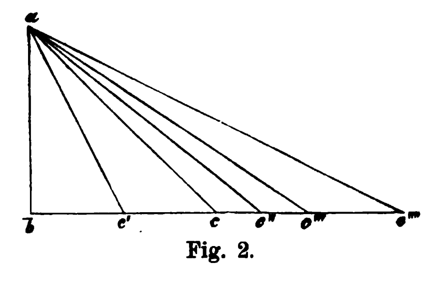


Fig. 2.

Die einfache Böschung entspricht einem Böschungswinkel von $^{1}/_{2}$ R.

Die Böschungen können bei dem Wegebau um so steiler sein, je fester und haltbarer der Boden an und für sich ist; in festem Felsterrain kann die Abböschung manchmal fast ganz unterbleiben, so dass man den Felsen zur Seite des Weges nahezu senkrecht stehen lässt. In den meisten Fällen ist die einfache Böschung zu wählen, in leichtem Sandboden die $1^{1}/_{2}$—2-fache.

B. Nutzen der Waldwege.

§ 5.

Wohl allenthalben sind die Vorteile anerkannt, welche ein besserer und leichterer Verkehr in allgemeiner volkswirtschaftlicher Hinsicht der Entwicklung aller Zweige des Kulturlebens bietet. Es ist in dieser Beziehung nur der Gewinn

anzudeuten, welcher durch Ersparung von Zeit- und Arbeitsaufwand, durch geringere Abnutzung von Vieh und Geschirr, verminderte Tierquälerei, sowie durch die Verhinderung so mancher Unglücksfälle, welche im Gefolge schlechter Wege nicht auszubleiben pflegen, erreicht wird. Bezüglich der Waldwege haben wir als Vorteile, welche dem Forstbetrieb speziell zu Gute kommen, folgende hervorzuheben:

1) Die krummen, unregulierten Wege nehmen oftmals eine unnötig grosse Fläche Waldboden in Anspruch und entziehen denselben der einträglichen Holzproduktion, zumal da, wo dieselben schlecht oder nicht gebaut sind und in ungemessener Breite ganze Streifen von Waldboden oder mehrere Bahnen dicht neben einander benutzt werden. Noch mehr in die Augen springend wird der Flächengewinn, der durch Regulierung der Waldwege entsteht, wenn — wie wir später sehen werden — die möglichste Verbindung zwischen Weg- und Wirtschaftsnetz durchgeführt wird.

2) Zweckmässig angelegte und gutgehaltene Wege befördern die Leichtigkeit des Holztransports und vermindern für den Holzempfänger die Kosten des letzteren. Um so viel mehr ist sodann derselbe geneigt, höhere Preise für das Holz an den Waldbesitzer zu zahlen, je mehr er an Transportkosten erspart. Hieraus folgt also, dass durch den verbesserten Wegbau schon eine direkte Steigerung der Holzpreise erreicht wird, dies um so mehr, je energischer es betrieben wird, die bei der Holzhauerei gewonnenen Hölzer aus den Schlägen allenthalben an die Wege zu rücken und hier zum Verkauf aufzustapeln, wodurch erfahrungsgemäss die Kauflust und folgeweise der Erlös bedeutend gesteigert wird.

3) Indirekt wird eine Erhöhung des Einkommens aus dem Walde dadurch bewirkt, dass gute Wege es gestatten, auch schwere, wertvolle Nutzhölzer in starken Sortimenten abzufahren, während man bei Mangel an Wegen oder bei schlechtem Zustand derselben öfters genötigt ist, solche Sortimente in leicht transportables Brennholz oder mindestens in kurze minder wertvolle Nutzstücke zu zerschneiden.

4) Auf der anderen Seite ermöglicht es die durch einen rationellen Wegebau hervorgerufene grössere Zugänglichkeit der Waldungen, auch geringere Sortimente, Ergebnisse der Ausläuterungen und Durchforstungen schwächerer Hölzer zu verwerten, was weniger wegen der Steigerung der Forstrevenuen, als vielmehr wegen der mit jenen Operationen in Verbindung stehenden Beförderung des Zuwachses und der Anwendung einer intensiveren Waldpflege Beachtung verdient und auf der anderen Seite auch geeignet ist, ständigen Waldarbeitern regelmässigen Verdienst zu schaffen, dieselben dauernd in der Arbeit zu halten und somit an den Wald zu fesseln.

5) Ein Teil der regulierten Waldwege wird sich zur Hereinziehung in das forstliche Wirtschaftsnetz eignen und somit dazu dienen, andere unproduktive Abteilungsschneissen eingehen zu lassen und der Holzzucht wieder zuzuwenden. Hiernach muss es das Ideal sein, Wirtschaftsnetz und Wegenetz möglichst zu kombinieren.

6) Gute Wege beschränken die Beschädigungen der Kulturen und Schonungen, welche nun von ausbrechendem Fuhrwerk nicht mehr belästigt werden; noch weniger kann es vorkommen, dass die Holzfuhrleute genötigt werden, auf eigene Faust sich neue ungeordnete Wege zu bahnen, oder bei vorkommenden Unglücksfällen, Zerbrechen von Achsen, Umwerfen der Geschirre durch willkürliches Umhauen von Stangen u. dergl. dem Walde Schaden zu tun.

7) Systematische Wegeanlagen, wozu auch schon die Fusswege zu rechnen sind, erleichtern den Verkehr des Forstpersonals, ermöglichen ein schnelleres und bequemeres Hin- und Herkommen, befördern also Aufsicht, Schutz und Kontrole. Auch kann beim Vorhandensein ausreichender Wege auf eine raschere Räumung der Holzschläge gedrungen werden, was in mancherlei Betracht von Vorteil ist.

8) Schliesslich kann es noch als ein Gewinn ordentlicher, insbesondere breiterer Wege angesehen werden, dass sie bei ausbrechenden Waldbränden als eine Art von Sicherheits-

bahnen dienen und zur Beschränkung des Feuers wesentliche Dienste leisten werden.

C. Einteilung der Waldwege.

§ 6.

Je nach ihrer Wichtigkeit und nach den verschiedenen Zwecken, denen die im Wald vorkommenden Wege zu dienen haben, unterscheidet man mehrere Arten und Klassen derselben und zwar

1) Waldstrassen, welche Glieder der den Wald nach den Richtungen des allgemeinen Verkehrs durchziehenden öffentlichen Chausseen (Staats- und Vizinal-Strassen) sind und in ihrer Anlage und Unterhaltung gemeiniglich sich durch nichts von jenen unterscheiden, bisweilen auch weder bezüglich ihrer Herstellung, noch bezüglich ihrer Unterhaltung der Forstverwaltung unterstellt sind.

2) Hauptwaldwege, welche den Wald nicht zur Beförderung des allgemeinen Verkehrs, sondern behufs des Ausbringens der Waldprodukte auf die öffentlichen Verkehrswege in systematischer Weise durchschneiden. In der Regel muss die Anlage dieser Wege, welche als die Hauptadern des speziell forstlichen Wegenetzes zu betrachten sind, von einem zweckmässigen Anknüpfungspunkt an die sub 1 bezeichneten öffentlichen Wege ausgehen und es muss ihre Richtung derartig sein, dass der Holzexport aus dem Waldinnern an die hauptsächlichsten Konsumtionsplätze durch sie vermittelt wird.

3) Neben- oder Seitenwege, die lediglich zur Ausbringung der Waldprodukte aus den Hauungen auf die Hauptwaldwege dienen, häufig nur einem periodischen Gebrauch unterliegen und daher bei ihrer Anlage geringere Breite und einen minderen Grad von baulicher Vollkommenheit beanspruchen können, dafür aber in um so grösserer Ausdehnung im Wald vorkommen sollen, da sie bestimmt sind, die Seitenadern zu den Wegen sub 2 zu bilden.*

* Ausser den Haupt- und Nebenwegen unterscheidet man wohl

4) Schleif- oder Schlittwege, welche zum Transport des Holzes mittelst Schlitten, grösstenteils im Winter, ausnahmsweise jedoch auch im Sommer benutzt werden und namentlich in Gebirgswaldungen, deren Holzernte vielfach noch durch den Wassertransport den entfernten Konsumtionsorten zugeführt werden muss, eine wichtige Rolle spielen, indem es hier meist nur bei Schnee möglich ist, die Hölzer an die Flossbäche zu verbringen, um sie auf diesen beim Weggang des Schnees abzuflössen.

Eine Abart der Schleifwege sind die s. g. Rieswege, d. h. Erdbahnen, welche an Berghängen mit Gefälle angelegt sind, so dass in ihnen das eingelegte Holz (Langholz) durch seine eigene Schwere herabgleitet. Zu diesem Zweck wird der Riesweg beiderseits mit Langholzstämmen belegt, die so weit von einander abstehen, dass der zu riesende Stamm bequem zwischendurch passieren kann. Diese Rieswege werden zweckmässig so angelegt, dass sie auch zum Schlittentransport brauchbar sind.*

5) Fusswege sind Anlagen zum leichteren Verkehr des Verwaltungs- und Schutzpersonals, sowie zur bequemeren Ausübung der Jagd; man nennt sie auch wohl Forstschutzpfade oder Bürschwege.

6) Von ihnen nur durch etwas grössere Breite unterschieden sind die Reitwege.

Hinsichtlich des Grades von Sorgfalt, welchen man auf den Bau der Wege verwendet, sowie je nach der Beschaffenheit des Materials, welches zur Herstellung derselben benutzt wurde, aus welchen beiden Faktoren die Festigkeit derselben resultiert, sind zu unterscheiden:

1) Wege mit Steinbahn d. h. einer, über die natürliche Erddecke aufgebrachten künstlichen, mit mehr oder weniger

---

auch noch s. g. „Schlagwege“. — Eine genügend scharfe Abgrenzung derselben von unseren Nebenwegen dürfte kaum möglich sein.

* Vgl. Gayers Forstbenutzung 9. Aufl. S. 272.



Sorgfalt angelegten Steindecke, welche die Befestigung der Wegkrone zum Zweck hat. Zu unterscheiden sind hier noch

a. chaussierte Wege (mit fester Bahn),

b. Schotterstrassen (mit loser Steinbefestigung).

2) Wege ohne Steinbahn, je nach dem Material zu trennen in

a. steinige (festere Erddammwege).

b. steinfreie (lockere Sand- oder Lehmwege).

D. Anforderungen an die Einzelwege hinsichtlich ihrer Breiten, Steigungsverhältnisse und sonstigen Bedingungen.

a) Wegebreiten.

§ 7.

Soll ein guter Weg so angelegt werden, dass er den Erfordernissen einer ungestörten Kommunikation zu allen Zeiten entspricht, so muss auf die Normierung der Wegbreite ein besonderes Augenmerk gerichtet werden. Ist hiernach einesteils zu verlangen, dass die Wegbreite unter allen Umständen nicht zu knapp bemessen werde, so darf auf der anderen Seite doch auch zur Vermeidung unnötiger Kosten kein Luxus in der Annahme exorbitanter Wegbreiten getrieben werden, da die grösseren Breiten zu einer ungerechtfertigten Verschwendung von Waldboden, sowie zu Mehrausgaben beim Bau führen und zwar relativ um so mehr, je steiler das Terrain ist, in welchem Wege gebaut werden.

Die Breite der Wegekronen einschliesslich Seitengräben und Böschung richtet sich zunächst nach der Breite der Fuhrwerke, von denen sie befahren werden; sodann ist zu erwägen, ob die Breite danach bemessen sein soll, dass zwei beladene Fuhrwerke sich an allen Stellen bequem ausweichen können und schliesslich kommt noch die Breite der Fusswege oder Banketts, wo dergleichen überhaupt erforderlich erscheinen, in Betracht.

Bei den Waldstrassen, welche abgesehen vom Holztransport in ihrer Eigenschaft als öffentliche Chausseen dem

allgemeinen Verkehr zu dienen bestimmt sind, wird man das bequeme Ausweichen zweier beladenen Fukrwerke auf der Fahrbahn (ohne Benutzung der Fussbänke) entschieden verlangen können. Ist die übliche Breite der Oekonomie- und Holzwagen 1,8 bis 2 Meter, rechnet man hierzu noch als Raum für den Fuhrmann 0,5 Meter, so nimmt ein Geschirr 2,5 Meter Breite in Anspruch; zum bequemen Ausweichen zweier Geschirre sind daher für die Fahrbahn 5,5—6 Meter erforderlich und bestimmt man die Breite der Banketts noch zu je 0,5 Meter, so resultieren 7 Meter Breite exklusive Graben und Böschung. Will man beim Ausweichen auch noch die Benutzung der Fussbänke zulassen, so genügen 6 Meter Breite.

Die Hauptwaldwege, welche einem ständigen Gebrauch bei der Holzabfuhr unterliegen, ohne als öffentliche Verkehrswege zu gelten, werden zumeist mit beladenem Fuhrwerk nur in einer Richtung befahren. Hier kann also das Ausweichen zweier Geschirre, da der eine Wagen in der Regel leer ist, schon mit etwas mehr Unbequemlichkeit verbunden sein und es kann der Fuhrmann des leeren Geschirres entweder vor seinen Zugtieren gehen, oder auf dem leeren Wagen stehen. Da das Ausweichen seltener vorkommt, so wird es auch ohne Bedenken sein, wenn dazu die Fussbank, ja selbst von dem leeren Wagen einmal ein Seitengraben benutzt wird.

Hier würde also schon die Breite von 5 Meter ohne Graben zum Ausweichen genügen und da wir — wie sich später ergeben wird — für die Grabenbreite 1 Meter annehmen dürfen, so ergiebt sich als genügende Breite der Bahn eine Dimension von nur 4 Meter, wenn zum Ausweichen der Graben benutzt werden darf. Bei grösserer Frequenz der Wege ist letzteres allerdings bedenklich und sodann eine Kronenbreite der Wege von 5 Meter zu bevorzugen.

Bei den Neben- oder Seitenwegen, welche mehr einem vorübergehenden oder wenigstens intermittierenden Gebrauch unterliegen, erscheint es geboten, weder mit dem Kostenaufwand noch mit der Verwendung des Grundes und

Bodens Verschwendung zu treiben. Hier genügt nach unserer Auffassung eine einspurige Breite, jedoch mit etwas Nebenraum, um auch einmal ausgefahrene Geleise vermeiden zu können, sowie um Platz zum Gang des Fuhrmannes und Ausweichen der Fussgänger zu gewinnen. Für das Begegnen der Geschirre ist von Zeit zu Zeit ein Ausweicheplatz anzulegen. Unter dieser Voraussetzung bedarf man sodann 2 m für das Geschirr, 0,5 m für den Fuhrmann, 0,5 m für ausweichende Fussgänger und noch 0,5 m für Geleiseverlegung, im Ganzen 3,5 m für die Fahrbahn. Können die Fussgänger seitlich ausweichen, so genügen schon 3 m. Hat man bei 3,5 m Kronenbreite noch einen Seitengraben, so können sich auch knapp noch ein beladenes und ein leeres Geschirr ausweichen; will man reichlich bemessen, so nehme man 4 m.

Für Schleif- oder Schlittwege, die nicht mit Räderfuhrwerk befahren werden, genügen 1,5—2 m. Dieselben Dimensionen gelten für Reitwege; Bürsch- und Forstschutzsteige erhalten eine Breite von 0,8—1 m.

Die bisher besprochenen Wegbreiten sind ohne Rücksicht darauf normiert, dass auch noch Holz auf den Wegen zum Verkauf aufgestapelt werden kann.

Wir sind der Meinung, dass man in sehr vielen Fällen die Holzablagerung zweckmässiger neben der eigentlichen Wegkrone vornehmen wird, da der Verkehr dadurch weniger Störungen erleidet, im bergigen Terrain also seitwärts der Bergböschung, in der Ebene neben dem Graben. In Verjüngungshauungen empfiehlt es sich deshalb öfters, neben der Wegböschung einen 1—2 m breiten Rand bis zur völligen Beendigung des Abtriebes holzleer zu belassen und zur Holzablage zu benutzen. Will man die Waldhauptwege noch zur Holzaufstapelung benutzen, so müssen sie 5,5—6 m breit ohne Graben und Böschung angelegt werden; die Nebenwege erhalten sodann 4—5 m.

Bei der bereits oben hervorgehobenen unverhältnismässigen Verteuerung der Wegebauten mit zunehmender Breite em-

pfehlen wir als Regel die seitliche Holzablage und die Verschonung der eigentlichen Wegkrone mit derselben.

Bei Gebirgsweganlangen sind örtliche Verbreiterungen unter gewissen Umständen geboten, insbesondere bei starken Krümmungen, sowie bei steiler Lage der Wege an gefährlichen Abhängen, zumal wenn hier noch starkes Gefälle hinzukommt. In solchen Fällen muss die Breite so reichlich bemessen werden, dass die Gefahr des Hinabstürzens tunlichst beseitigt und den Fuhrwerken ein grösserer Spielraum zum Ausweichen gegeben wird.

b) Steigungsverhältnisse.

§ 8.

In § 4 haben wir gesehen, dass das Längenprofil eines nicht horizontalen Weges einer schiefen Ebene entspricht. Die Beförderung von Lasten auf solchen Wegen muss daher nach den physikalischen Gesetzen von der schiefen Ebene, wobei noch die Lehre von der Reibung zu berücksichtigen ist, bemessen werden. Die Beförderung von Lasten, welche bergauf zu bewegen sind, erfordert bekanntlich um so mehr Zugkraft, je steiler der Weg ist. Es muss daher so weit als möglich die Anwendung von Steigungsprozenten vermieden werden, welche die Benutzung von Vorspann bei voller Wagenladung bedingen. Auf der andern Seite sind beim Abwärtsfahren auf steilen Wegen Vorrichtungen zum Einhemmen der Räder nötig, welche die Wegbahn mehr oder weniger ruinieren, ebenso wie auch das Abspülen durch Regengüsse hier grossen Schaden anrichtet, ferner bei Glatteis die Benutzung mit schwerem Geschirr unmöglich gemacht wird. Die Anwendung allzu erheblicher Steigungsprozente muss daher umgangen werden und es ist durchaus erforderlich, nicht zu hoch bemessene Maximalgrenzen zu wählen. Auf der anderen Seite hat die Anwendung unnötig niedrig bemessener Gefällemaxima eine unmotivierte Verlängerung der Wege, mithin Mehrkosten beim Bau und der Unterhaltung, sowie auch Verteuerung der Holzabfuhre zur Folge.

Die Anwendung von Gegengefällen oder verlorener Steigung ist im Allgemeinen zu vermeiden, kann jedoch bisweilen ihre Berechtigung darin finden, dass dadurch ein Mittel zur wesentlichen Abkürzung der Fahrt gegeben ist; man wird z. B. unter Umständen lieber einen Weg über einen Hügel hinweg bauen, wenn sich dies ohne Anwendung erheblicher Steigung ausführen lässt, als mit einem langen Umweg in gleichmässigem Gefälle um denselben herumgehen.

Die Frage, ob man die Steigung eines Weges gleichmässig anordnen, oder das Gefälle von unten nach oben allmählich vermindern soll, damit den Zugtieren im weiteren Verlauf der Fahrt, wenn dieselbe beladen bergauf geht, nach und nach weniger Kraftanwendung zugemutet zu werden braucht, wird verschieden beantwortet. — Gewiss ist es richtig, dass die Abnahme des Gefälles den Zugtieren mit zunehmender Ermüdung eine Erleichterung gewährt; immerhin dürfte dadurch das Anfangsgefälle nicht ungewöhnlich hoch werden, sonst würden die Zugtiere schon bei Beginn der Fahrt zu sehr angestrengt. Bei Bergabfahrt werden kurze Ruhestrecken mit geringem Gefälle (etwa alle 500 Meter eine Strecke von 40 Meter mit nur 1—2⁰/o) sich als vorteilhaft gegen etwaige Unfälle erweisen.

Hinsichtlich der Grösse der anzuwendenden Maximalsteigungen geben wir nachstehend lediglich die Zahlenangaben, indem wir wegen der theoretischen Begründung derselben auf Note 1 verweisen.

1) Für Waldstrassen (vergl. § 6), soweit dergleichen von der Forstverwaltung angelegt werden, ist als Steigungsmaximum 5⁰/o anzunehmen, zumal wenn solche mit beladenem Geschirr nach beiderlei Richtungen befahren werden.

2) Bei Hauptwaldwegen kann, wenn die Lage derartig ist, dass der Zug beladener Geschirre zumeist bergauf geht, nur dann über 5⁰/o gegangen werden, wenn Ochsengespanne die Hauptarbeit besorgen, da diese stärker ziehen und sich eine grössere Anstrengung eher zumuten lassen als Pferde, welche leichter störrisch werden. Eine Steigung von

7,5% setzt jedoch schon die 2½fache Arbeit der Gespanne gegenüber der Leistung auf horizontaler Strasse voraus, und ist daher nur auf kurze Strecken zulässig. Wir raten also in der Regel zu 5—6% und nur auf kurze Strecken ausnahmsweise zu 7—8%. Jedoch auch dann, wenn die Lasten nur bergab transportiert werden müssen, empfiehlt es sich, hier 8% in der Regel nicht zu übersteigen, da sonst die Anlagen durch Wasserabspülungen leiden.

3) Neben- oder Seitenwege erhalten im Allgemeinen auch nicht mehr als 8% Maximalsteigung; soll dieses Gefälle überschritten werden, so kann eine Berechtigung dazu nur in sehr steinigem festen Boden gefunden werden, in welchem man für intermittierend zu benutzende, kunstlos gebaute Anlagen allenfalls auch bis 10% gehen mag.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass, wenn bei dieser Steigung eine volle Fuhre ohne Vorspann bergauf gefahren werden soll, schon bei gutem Weg das 3fache derjenigen Zugkraft erfordert wird, welche zur Fortbewegung auf horizontaler Bahn nötig war — ein beachtenswerter Grund zur möglichsten Vermeidung solcher Anlagen.

Steigungen über 10% sollten auch in festerem Boden bei Neuanlagen in der Regel selbst dann ausgeschlossen sein, wenn die Fahrt bergab geht. Wege, die dieses Maximum überschreiten, leiden allzusehr durch Einhemmen und Abspülen und geben zu so vielen Unterhaltungsarbeiten Anlass, dass sie in der Regel der Forstverwaltung mancherlei Verdruss und Ärger verursachen; auch veranlasst ihre Benutzung nicht selten Unannehmlichkeiten bei eintretendem Glatteis.

4) Fuss- und Reitwege dürften in den meisten Fällen die Richtung für spätere Fahrwege abgeben und es ist in diesem Fall ihr Steigungsverhältniss nur nach den Rücksichten zu bemessen, welche wir bei den Fahrwegen kennen gelernt haben. Ist jedoch bei solchen Fuss- und Reitwegen die Benutzung zu späteren Fahrwegen ausgeschlossen, wie z. B. bei solchen, welche zickzackähnlich zur Ersteigung einer Höhe angelegt werden, so ist für bequemen Gebrauch

bei Reitwegen 7—8%, bei Fusswegen 10—12% als Maximum nicht zu überschreiten.

5) Schlittwege haben ihrer Natur nach die Bestimmung, nur bergab mit beladenem Schlitten befahren zu werden. Damit dies auf dem kürzesten Weg und mit entsprechendem Abwärtstrieb des Schlittens geschehe, sind sie wo möglich mit dem Maximum der Steigung anzulegen, und es bestimmt sich das letztere danach, dass

1. der leere Schlitten noch bequem in die Höhe gezogen werden kann und
2. etwaigen Unglücksfällen vorgebeugt werde, welche bei steiler Steigung unvermeidlich sind, wenn ein Schlitten zerbricht, oder sich die an den Schlitten angehängte Bremslast ablöst.

Beiden Ansprüchen entspricht ein Gefäll von ca. 12—15%; nach der „Darstellung der in den Gebirgswaldungen des oberbayerischen Salinenforstbezirkes in Anwendung kommenden Holzbringungsmittel, herausgegeben vom Königl. Bayerischen Ministerial-Forstbureau, München 1860“ ist jedoch bei Transport von Blochen selbst eine Steigung von 20% zulässig.

c) Sonstige Anforderungen an die Einzelwege in technischer Hinsicht.

§ 9.

Neben der Rücksicht auf angemessene Breite und die Einhaltung von gewissen Maximalsteigungen hat man an eine rationelle Weganlage noch einige weitere Ansprüche zu machen, welche wir hier kurz zusammenfassen können:

1) Eine Hauptrücksicht ist die, dass der guten und möglichst schnellen Ableitung allen Wassers Rechnung getragen werde, damit der Weg stets so viel als möglich in trockenem Zustand sich befinde. Zu diesem Behuf ist die Wegkrone etwas gewölbt herzustellen, damit das Wasser nach den Seitengräben gehörig ablaufen kann und die Strasse rascher austrocknet. Die Höhe der Wölbung soll $^1/_{30}$—$^1/_{36}$

der Breite betragen, so dass von den Rändern nach der Mitte ein Anlauf von 5—7% entsteht; sie darf nicht zu hoch bemessen werden, weil sonst das Ausweichen der beladenen Fuhrwerke zu sehr erschwert wird, indem dieselben auf der schiefen Wegkrone umfallen können, mindestens mit Schwierigkeiten zu kämpfen haben, um die verlassene Mitte der Bahn wieder zu erreichen. Auch findet, wenn bei starker Wölbung die Räder eine gegen die Wagenaxe schiefe Stellung einnehmen müssen, bedeutendere Reibung der Axe gegen die Radnaben statt. Die Form der Wölbung bildet einen flachen Bogen, oder entspricht zwei Seiten eines Dreieckes, die unter ganz stumpfem Winkel gegen einander geneigt sind.

Die Wölbung der Wege ist um so nötiger, je weniger das Material von selbst zur Austrocknung geignet ist; blosse Erdwege bedürfen also derselben am meisten. Ebenso ist die Neigung des Längenprofils von Einfluss. Ein ganz horizontaler Weg bedarf der Wölbung in höherem Grade als ein solcher, der Längengefälle hat, welches schon an und für sich die Ableitung des Wassers befördert. Steigt daher ein Weg bis zu 7%, so braucht die Wölbung nur eine geringe zu sein.

Behufs möglichst schneller Ableitung des Wassers ist nun weiter erforderlich, dass die Wegegräben, welche das von der Wegekrone ablaufende Wasser aufzunehmen haben, tief genug und mit entsprechender Böschung angelegt sind und dass an geeigneten Stellen das angesammelte Wasser wieder seitwärts unter dem Wegkörper hinweg mittelst Kanälen abgeleitet wird.

Man hat auch vorgeschlagen, die Waldwege im bergigen Terrain ohne Seitengräben zu bauen und anstatt der letzteren denselben eine geringe Neigung nach der Talseite hin zu geben, wodurch die Wasserableitung bewirkt werden soll; ebenso hat man empfohlen, diese seitliche Neigung nicht nach der Talseite, sondern nach dem inneren Rande der Wegkrone verlaufen zu lassen, damit ein, in Folge der Schiefe des Weges etwa ins Rollen kommender Wagen nicht Gefahr laufe, die Böschung hinab zu stürzen. Beides er-

scheint aus denselben Gründen, welche gegen eine allzu starke Wölbung der Wegkrone angeführt wurden, unpraktisch. Weiter ist zu befürchten, dass in solchen Fällen die Wegkrone durch das Nachrollen der Bergböschung allzu sehr belästigt wird, während ein Seitengraben gute Dienste tut, um die abrollende Erde u. s. w. zu fassen, überhaupt den eigentlichen Wegkörper vom Gelände zu isolieren und trockener zu erhalten. So z. B. leitet auch der Seitengraben im Gebirge mit reichlichem Schneefall beim Weggang des Schnees eine so beträchtliche Menge Schneewasser von der Böschung her direkt ab, ohne dass die Wegkrone damit belästigt wird, dass schon von diesem Standpunkt aus die Weglassung der Seitengräben an der Bergseite als ein Fehler bezeichnet werden muss.

Zu den Massregeln, welche bei der Anlage von Wegen deren Trockenlegung befördern können, gehört noch die Forderung, feuchte, sumpfige Stellen möglichst zu vermeiden oder, wo dies nicht angeht, die fraglichen Stellen vor dem eigentlichen Wegebau durch Abzüge trocken zu legen.

2) Jeder Weg, der in Flusstälern oder in sonstigem, der Überschwemmung ausgesetzen Terrain sich befindet, muss so angelegt werden, dass die Wegkrone $^{3}/_{4}$—1 m über dem erfahrungsmässig höchsten Wasserstand liegt. Dies kann nun entweder durch Anlage von Wegdämmen geschehen, oder dadurch, dass man, wie z. B. in Flusstälern, die Wege aus dem Überschwemmungsgebiet höher an die Bergwand legt. In Tälern bevorzuge man, wenn möglich, diejenige Richtung, welche den meisten Sonneneinfall bietet, so dass die Wege schneller abtrocknen; die öftere Durchkreuzung von Wasserläufen vermeide man, damit weniger Brücken und Kanäle zu bauen und zu unterhalten sind.

3) Die Anlage der Wege hat — wenn tunlich — noch einigen Rücksichten Rechnung zu tragen, welche zwar nicht absolute Bedingungen guter Wege sind, jedoch wenigstens noch möglichst berücksichtigt werden sollten. Hierzu gehört die Forderung, dass man die Wege mit Rücksicht auf Nähe

des Materials zum Steinbau führt, dass man Felspartieen, Sandschollen (und wie schon sub 2 gesagt ist, auch feuchte Stellen) möglichst umgeht, auch Abgründe, Schachte und solche Lokalitäten, wo Erdabrutschungen, heftige Stürme oder andere Belästigungen und Gefährdungen des Verkehrs zu befürchten sind, möglichst vermeidet, hingegen trockenes Terrain, sowie gefahrlose Stellen bevorzugt, nicht minder jedoch den Rücksichten der Ästhetik Geltung verschafft, indem man, wo es geht, die Wege an schönen Aussichten vorbeiführt, u.s.w. Inwiefern jedoch hierbei reine forstliche Rücksichten hemmend einwirken können, welche wir vor allen Dingen in den Vordergrund zu stellen haben, wird in dem folgenden Abschnitt gezeigt werden.

E. Die Richtung der Einzelwege und ihre Verbindung unter einander nach den Ansprüchen des forstlichen Betriebes.

a. Die Richtungen der Einzelwege.

§ 10.

Jeder Waldweg muss hinsichtlich seiner Richtung und seines Zuges den Anforderungen seiner beabsichtigten Benutzung entsprechen. Er dient in jedem Fall dazu, mittel- oder unmittelbar die Verbringung der Waldprodukte an die Orte der Konsumtion zu ermöglichen. Die Verbindung derselben mit dem Wald soll eine möglichst leichte, rasche und billige sein. Bei Bestimmung der Richtung, die ein Weg zu erhalten hat, ist vor allen Dingen nach Massgabe des Forstkomplexes oder derjenigen Teile eines solchen, welche der projektierte Weg aufzuschliessen bestimmt ist, zu erörtern, welche Endpunkte demselben zu geben sind.

a) Waldstrassen unterliegen im Allgemeinen mehr den Rücksichten des öffentlichen Verkehrs; zur Hereinziehung in das forstliche Wegenetz eignen sie sich jedoch insofern, als sie zweckmässige Ausmündungspunkte für die Haupt- und Nebenwaldwege abgeben. Bei ihrer Anlage selbst pflegt

wohl in der Regel speziell forstlichen Ansprüchen weniger als den Rücksichten des allgemeinen Verkehrs Rechnung getragen zu werden.

b) Hauptwaldwege haben die Bestimmung, die Waldungen nach den Hauptrichtungen der Holzkonsumtion zu öffnen. Man schliesst mit denselben an die Konsumtionsorte, bezw. die dahin führenden öffentlichen Strassen an und muss diejenigen Gelegenheiten, welche als Ausmündungen aus dem Walde in Betracht kommen, sorgfältig ins Auge fassen. Es ist die Frage zu erledigen, welches Gebiet ein solcher Weg für die Holzabfuhr zugänglich machen soll, insbesondere ob man dabei nur einen einzelnen Revierteil oder einen ganzen Forstbezirk oder mehrere der letzteren zu berücksichtigen hat; ferner ist zu erörtern, ob der Absatz aus dem zu öffnenden Waldkomplex nach einer oder mehreren Richtungen hin zu erwarten ist; wesentlich in das Gewicht fallend ist es ferner bei Gebirgswegeanlagen, ob man nur den Absatz nach höher liegenden Konsumtionsorten, oder nach tiefer liegenden Absatzplätzen in das Auge fassen muss, oder ob beides zugleich.

Von Einfluss ist ferner die Entscheidung darüber, ob man mit dem eigentlichen Waldweg selbst bis an die Orte der Konsumtion gelangt, beziehungsweise auf einen dahin führenden öffentlichen Verkehrweg trifft oder nicht. Es versteht sich von selbst, dass im letzteren Fall ein Einvernehmen mit den Grenznachbarn (anstossenden Forst-, Gutsbesitzern oder Gemeinden) angestrebt werden muss, vor dessen Zustandekommen eine Festlegung des Waldwegezuges als zweckloses Beginnen erscheinen müsste. Öfters kann bei Gelegenheit von Separationen dadurch eine gute Ausmündung angebahnt werden, dass Separationswege im Einvernehmen mit der Forstverwaltung einen, den Wünschen derselben entsprechenden Anschluss an den Forst erhalten und ihre Benutzung für die Holzabfuhre von vorneherein zugestanden wird.

Auch ist zu erwägen, ob und inwiefern die neue Weganlage geeignet werden kann, bisher noch nicht in Betracht

gezogene Absatzgelegenheiten ausfindig zu machen und somit möglicst viele Richtungen für den Absatz der Waldprodukte aus einem Komplex zu eröffnen. Sind hiernach die Ausmündungspunkte einer Wegelinie nach allen Richtungen hin, sowie die etwaigen zu berührenden Zwischenpunkte festgestellt, so ist die Führuug der Linie selbst lediglich eine Aufgabe der allgemeinen Wegebautechnik; die Erörterung aller, für die Bestimmung der Aus- und Einmündungspunkte massgebenden Momente ist jedoch Sache der forstlichen Überlegung.

c) Waldnebenwege sollen, wie wir früher gesehen haben, hauptsächlich den Zweck verfolgen, die Ausbringung der Waldprodukte aus den Hauungen an die Hauptwege und mittelst dieser mittelbar an die Verbrauchsplätze zu ermöglichen. Bei der Bestimmung derjenigen Richtung, die sie zu erhalten haben, ist umgekehrt zu verfahren, wie bei den Hauptwegen; letztere müssen sich hauptsächlich an die äusseren Verbrauchsplätze anlehnen und von ihnen sich nach dem Innern des Waldes verzweigen.

Die Anlage der Nebenwege kommt erst sekundär zur Frage, wenn man über die Hauptverkehrsadern im Klaren ist und es müssen dieselben aus dem Innern der Waldungen, also besonders aus denjenigen Distrikten, die im Betrieb liegen und vornehmlich eines zweckmässigen Aufschlusses bedürfen, auf die Hauptwege herauslaufen; hierbei ist es notwendig, die Frage zu entscheiden, in welchem Abstand man Nebenwege gleichlaufend mit einander aus den aufzuschliessenden Forstorten an die Hauptwege zu führen hat, ohne dass die Transportweite des Holzes bis an die Fahrwege ihre Maximalgrösse übersteigt. Weiter ist bei diesen Nebenwegen als Regel festzuhalten, dass die Frage, nach welcher Richtung hin dieselben Steigung, bezw. Fall bekommen sollen, sich danach beantwortet, wohin die Hauptabsatzrichtung geht; jedoch kann hier auch der Fall vorkommen, dass bei einer solchen, der Natur der Sache nach aussetzend zu benutzenden Anlage einmal verlorenes Gefälle zuzulassen ist,

wenn die Erfüllung des Hauptzwecks dieser Wege, der Aufschluss von möglicht viel Waldfläche zur Abfuhr der Forstprodukte auf die Hauptwege, dadurch wesentlich befördert wird.

d) Von den übrigen Wegeanlagen werden Fuss- und Reitwege in der Regel zweckmässig in denselben Richtungen projektiert, wie die Fahrwege, indem dieselben sehr häufig die Vorläufer für Abfuhrwege bilden, die man in ihrer Richtung später bauen wird. Dienen sie hingegen lediglich zur Zugänglichmachung der Wälder, für Zwecke des Forstschutzes, des Forstbegangs und der Jagd, also hauptsächlich zum leichten Umherkommen, so müssen sie von den vorhandenen Haupt- und Nebenwegen nach solchen Partien des Waldes, die vielleicht dem Frevel besonders ausgesetzt sind, oder der Aufsicht aus anderen Gründen mehr bedürfen, abzweigen. Öfters dienen sie auch zur Verbindung zweier parallel mit einander laufenden Nebenwege unter einander.

Schlittwege sind von denjenigen Punkten aus, die als Ablage für das zu schlittende Holz dienen, aufwärts in der Richtung nach dem Terrain, in welchem die Hauungen sich befinden, auf einer möglichst kurzen Linie unter Benutzung des Gefällmaximums zu führen. Damit das Ziehen des beladenen Schlittens nicht zu viel Kraftaufwand erfordert, ist die Vermeidung aller geringen Gefälle, vornehmlich aber von horizontalen Strecken, oder gar von Gegengefällen eine Hauptregel.

b. Die Verbindung der Einzelwege unter einander.

§ 11.

Der Wert einzelner Wegeanlagen ist — abgesehen von ihrer technischen Vollkommenheit — wesentlich noch nach der Verbindung zu bemessen, in welcher dieselben unter einander stehen. Nur wenn diese Verbindung eine nach allen Seiten durchdachte und zweckentsprechende ist, wenn sich an die meist gegebenen öffentlichen Kommunikationswege die

gut projektierten Hauptwaldwege anschliessen und sich an die letzteren als Hauptadern wieder die Waldnebenwege als Seitenadern in genügender Anzahl, rationeller Steigung und zweckmässiger Richtung anlehnen — nur dann vereinigen sich die einzelnen Fäden zu einem systematischen Ganzen, welches man das Wegnetz nennt und dessen Entwurf bei der Feststellung der Wegebaupläne als eine ganz wesentliche Aufgabe des leitenden Forstbeamten erscheint. Es ist geradezu die Forderung zu stellen, dass bei Ausführung irgend welcher erheblicheren Wegebauten mit der Konstruktion des Wegenetzes begonnen und ein Einzelbau nicht eher ausgeführt wird, als bis ein allseitig durchdachtes, von mehreren Seiten beratenes und endgültig festgestelltes Wegenetz vorliegt, durch welches jeder Einzelweg erst seine Berechtigung, gebaut zu werden erhält. Dass eine solche Vor- und Umsicht vieler Orten verabsäumt worden ist und dass man in Folge dessen auf manche, planlos oder wenigstens kurzsichtig nur nach einem augenblicklichen Bedürfnis angelegte Wege stösst, die in das allgemeine System und Netz nicht hineinpassen, ist ein Vorwurf, der manche, technisch gut und vollkommen gebaute Wegeanlage trifft.

Da Waldwege von irgend erheblicher Ausdehnung dem Waldbau eine gewisse Fläche produktiven Bodens entziehen müssen und da ferner die in einer planmässigen regelmässigen Wirtschaft unentbehrlichen Waldeinteilungslinien die nämliche Folge haben, so liegt es sehr nahe, zu versuchen, wie weit Wegenetz und forstliches Einteilungsnetz mit einander zu verbinden sind, um die Verschwendung ertragsfähiger Waldfläche auf ein Minimum zu reduzieren.

Es ist daher in der Regel die Forderung zu stellen, dass bei Bearbeitung einer Forsteinrichtung zugleich ein rationelles Wegenetz entworfen und in seinen Hauptlinien örtlich aufgesucht und festgelegt, demnächst aber von diesem Wegenetz alles was zu Einteilungslinien geeignet erscheint, als Rahmen für die regelmässige Gestaltung der Wirtschaft dauernd fixiert werde. Beide Arbeiten müssen Hand in Hand gehen. Mit

Rücksicht auf die Symmetrie und Regelmässigkeit der forstlichen Einteilung, überhaupt auf deren vorteilhafteste Gestaltung wird unter Umständen ein Weg nicht nach dem an und für sich zweckmässigsten Verlauf bestimmt, sondern es empfiehlt sich vielleicht, insbesondere unter Bevorzugung längerer gerader Linien nach dieser Richtung ein Opfer zu bringen.*

Es liegt auf der Hand, dass in ebenem Terrain Wegenetz und Wirtschaftsnetz am ersten zusammenfallen können, wie denn auch tatsächlich in der Regel dies bei den sogenannten Gestellen der Fall ist, da diese meist als Holzabfuhrwege hergestellt zu sein pflegen.

Anders verhält es sich im Hügelland und Gebirge; während im ersteren bei flacherer Neigung der Hänge wohl auch noch eine grössere Anzahl der forstlichen Einteilungslinien fahrbar herzustellen sein wird, mehrt sich mit zunehmender Steilheit des Geländes die Notwendigkeit, neben den Weglinien, die zu brauchbaren Distrikts- oder Abteilungsschneissen zu benutzen sind, noch solche künstliche Linien anzunehmen, die ihrer Neigung nach nicht fahrbar sind. Dies ist z. B. bei scharf ausgeprägten Bergrücken der Fall, welche der forstlichen Einteilung wegen in der Regel zweckmässig mit einer s. g. Rückenlinie versehen werden, die den Zweck hat, verschiedene Expositionen zu trennen und beiderseits als Grenze der Hiebszüge zu dienen. Ebenso können steilere Bergwände öfters nicht anders als durch solche Linien eingeteilt werden, welche in der Richtung des steilsten Gefälles liegen und daher unfahrbar sind. Eine ausschliessliche Anwendung von Wegelinien würde in solchen Fällen unge-

* Vergl. Bericht über die VIII. Versammlung deutscher Forstmänner in Wiesbaden (Berlin 1880) Thema 2: „Ist es zweckmässig, der wirtschaftlichen Einteilung in Gebirgswaldungen die Projektierung eines den Wald in allen seinen Teilen aufschliessenden Wegenetzes vorausgehen zu lassen und in welcher Weise ist bei Projektierung und Festlegung des Wegenetzes zu verfahren?“



schickte, besonders allzu spitzwinklige Wirtschaftsfiguren ergeben. Das darf jedoch nicht hindern, immerhin das Wegenetz zuvörderst festzustellen und sodann aus ihm diejenigen Linien zu Einteilungslinien herauszusuchen, die ihrer Natur nach dazu tauglich sind.

Zweite Abteilung.

Ermittelung und Feststellung der Grundlagen für die Waldwegebauausführungen: Die Vorarbeiten.

1. Kapitel:

Konstruktion des Wegenetzes auf der Karte.

A. Wegenetz in der Ebene.*

§ 12.

In der Ebene ist — wie schon mehrfach angedeutet — die regelmässige Jageneinteilung zu Hause und hier die Konstruktion des Schneissennetzes, welches gleichzeitig als Wegenetz dient, lediglich eine Aufgabe der Geodäsie, indem die Schneissen aus forsttechnischen Gründen zumeist von Norden nach Süden und rechtwinklig dazu von Osten nach Westen, also teils parallel, teils senkrecht zur herrschenden Windrichtung laufen, mithin wegbauliche Rücksichten hier ausgeschlossen sind.**

Hat man jedoch neben diesen Schneissen in der Ebene noch andere Wegeanlagen nötig, so ist es nur erforderlich, den Punkt der Einmündung auf ein vorhandenes Gestell oder

* Vergl. Braun, Die forstliche Grundeinteilung in der Ebene und im Flachhügelland etc. 2. Aufl. Darmstadt 1871.

** Abweichend von dieser Regel ist von Denzin empfohlen worden, die Gestelle von Südwest nach Nordost, bezw. rechtwinklig hierzu anzulegen, um auf diese Weise nicht nur dem Westwind, sondern auch noch den bis zu $^1/_2$ R von der herrschenden Windrichtung abweichenden Stürmen vorzubeugen (Allg. F. u. J.-Ztg. 1880 S. 126 ff.).

auf einen sonstigen Kommunikationsweg, sowie den anderen Endpunkt und die Zwischenpunkte der Linie festzustellen und alle durch Gerade mit einander zu verbinden, eine Kombination, welche sich mit Hülfe geeigneter Karten sehr leicht im Zimmer vornehmen lässt.

B. Wegenetz im bergigen Terrain.

a) Von der Darstellung der Erdoberfläche durch Terrainkarten.

§ 13.

Die Konstruktion eines Wegenetzes im Hügelland und Gebirge lässt sich auf der Karte nicht ohne weiteres vornehmen, da die Richtung der anzulegenden Wege vom Terrain abhängig ist und zuvörderst die Frage entsteht, ob die vorhandenen Karten die Uebersicht über dasselbe gewähren und ob sich hiernach die Gestalt der Oberfläche rücksichtlich ihrer Abdachungen, Berge, Täler und Schluchten beurteilen lässt. Da die Mehrzahl der, lediglich für forstliche Zwecke bestimmten Waldplankarten nicht mit einer Terrainzeichnung versehen sein wird, welche über die Verhältnisse des Gefälles denjenigen Aufschluss giebt, der zur Beurteilung von Waldwegebauprojekten erforderlich ist, so pflegt die Beschaffung resp. Zeichnung von guten Terrainkarten eine der ersten Vorarbeiten zu sein, welche zu erledigen ist.

Die Darstellung des Terrains auf Uebersichtskarten wird nach zwei verschiedenen Methoden bewirkt, einmal mittelst sogenannter Horizontalkurven, sodann mit Bergzeichnung durch Striche, die in der Richtung der Neigungslinie des Berges geführt werden, sogenannter Schraffierung.

Denken wir uns durch den Fuss eines Berges eine horizontale Ebene gelegt, so wird der Durchschnitt eine Figur bilden, welche der Grundfläche des Berges entspricht. In gleicher Weise können wir einen Berg in jeder beliebigen Höhe mit einer Horizontalebene durchschneiden und erhalten,

wenn wir die Figur dieses Durchschnittes auf die Karte übertragen, eine Nachweisung der Form des Berges in derjenigen Höhe, in welcher der Durchschitt genommen wurde. Werden derartige Horizontalschnitte des Berges in solchen Höhenabständen, dass dadurch die Änderungen in den Bergformen zum Ausdruck kommen, gelegt, so wird dadurch offenbar die Gestalt des ganzen Berges bestimmt und es ist nur erforderlich, die sämtlichen Umfangslinien der Durchschnitte auf die Karte zu bringen, um aus derselben eine Uebersicht über die Neigung des Berges zu gewinnen.

Diese Umfangslinien der horizontalen Durchschnitte nennt man kurzweg Horizontalkurven; man nimmt dieselben immer in gleichbleibenden vertikalen Höhenunterschieden an. Die Normierung dieser letzteren richtet sich nach dem Massstab der Karte, in welche die Horizontalen eingetragen werden sollen. Bei Uebersichtskarten für Zwecke der Projektierung von Waldwegenetzen, die man im Massstab von 1 : 10,000 bis 1 : 20,000 anfertigen wird, raten wir zu 10, höchstens 20 Meter Abstand. In flachem Gelände könnte es sich sogar empfehlen, auf Abstände von 5 zu 5 Meter herabzugehen.

Die Darstellung des Terrains mittelst Schraffierung beruht auf der Absicht, durch das Verhältnis zwischen den schwarzen Bergstrichen und den weissen Zwischenräumen den Grad der Steilheit eines Berges, dessen Böschung, anzugeben. Die horizontalen Bergdurchschnitte bilden auch hier die Grundlage und es werden die Zwischenräume zwischen den Horizontalen mit den sogen. Bergstrichen ausgefüllt. Je dunkler die Zeichnung erscheint, um so steiler ist der Berg; bei 5° Böschung verhält sich das Schwarze zum Weissen wie 1 : 8, bei 40° wie bei 8 : 1.

Für die Einzeichnung von Wegebauprojekten verdienen Karten mit Höhenkurven entschieden den Vorzug, da sie deutlicher und heller sind, als schraffierte Bergzeichnungen und deshalb bei steilerem Terrain die Karte weniger dunkel erscheint; auch ist die Anfertigung blosser Horizontalkurven-

pläne leichter als die von schraffierten Terrainkarten, vorausgesetzt, dass letztere genau die Böschungsgrade darstellen sollen (Lehmann'sche Manier).

b) Aufnahme der Horizontalkurven.

§ 14.

Die erste Forderung für die Aufnahme der Horizontalkurven ist die Beschaffung von Übersichtskarten in einem nicht zu kleinen Massstab. Wir halten bei grösseren Terrainabschnitten 1 : 20,000, bei kleineren 1 : 10,000 für angemessen und können im Mittel 1 : 15,000 annehmen. In manchen Staaten, vor allem in Preussen, sind ausgezeichnete topographische Karten, welche für militärische Zwecke von dem Generalstab entworfen wurden, zur Verfügung. In diesem Fall ist es nur erforderlich, die Horizontalen der Generalstabskarte mittelst des Storchschnabels auf Pauspapier in den Massstab der Forstkarte zu reduzieren und hiernach auf die letztere durchzuzeichnen, sofern über deren Richtigkeit kein Zweifel obwaltet.

Eine örtliche Prüfung empfiehlt sich stets, da sich in bewaldeten und deshalb schwer zu übersehenden Gebieten immerhin kleine Differenzen mit der Wirklichkeit herauszustellen pflegen.*

Für eine forstliche Terrainaufnahme ohne Benutzung dieser topographischen Karten ist es zuvörderst nötig, von

* Die grossen preussischen Generalstabskarten sind im Massstab 1 : 25000 angelegt und geben die Höhenunterschiede in Haupthorizontalen von 50 Dezimalfuss = 18,8 m und Zwischenhorizontalen von 25 Dezimalfuss = 9,4 m Abstand von den Haupthorizontalen an. Ein preussischer Dezimalfuss ist = 0,37662 m; ein Pariser Fuss = 0,3248 m. Nach letzterem Mass sind häufig noch Höhenangaben von touristischen Karten und Werken ausgedrückt. Nach dem oben angegebenen Verhältnis wird man die auf Fusszahlen gegründeten Horizontalen der Generalstabskarten zunächst in Meterhorizontalen reduzieren, bezw. mit roter Tinte diejenigen Kurven darstellen, welche Höhen von 10 zu 10 m entsprechen, bevor man dieselben auf die Forstübersichtskarte überträgt. Die Neuaufnahme und Darstellung nach Meterzahlen ist in Bearbeitung.



einer möglichst grossen Anzahl von Punkten die Höhe über der Meeresfläche anzugeben, wozu man heutzutage fast allenthalben barometrische Beobachtungen zur Verfügung hat, wenn nicht bei Triangulationen auf trigonometrischem Wege die Höhen der Hauptpunkte bestimmt worden sind. Vielfach sind auch Höhenangaben benachbarter Eisenbahnen zu benutzen.*

Hierauf hat man durch einfache Nivellements den Verlauf aller Thäler und Schluchten, der Bergrücken und Grate, kurz aller derjenigen Richtungen festzustellen, von denen die Gestaltung des Geländes abhängig ist. Ebenso sind die Höhenverhältnisse der Umfangsgrenzen, der durchziehenden Strassen und Hauptwege, sowie etwa bereits vorhandener forstlicher Einteilungslinien zu ermitteln.

Diese Linien bilden gewissermassen die Hauptrippen für das Netz von Horizontalen, welches durch ein Terrain gelegt werden soll. Von den höchsten oder den tiefsten Punkten ausgehend, bestimmt man nach Massgabe des Nivellements auf der Karte in je 10 oder 20 Meter vertikalem Abstand Punkte, die sodann nach genauester Anschauung des Terrains aus freier Hand mit einander verbunden werden, derart, dass jede Horizontale eine absolute Höhe darstellt, die ein Vielfaches von 10 m ist. Bei einem Massstab von 1 : 10,000 oder 1 : 15,000 wird man zweckmässig Horizontalen von 10 Meter Abstand wählen. Über das bei der Höhenaufnahme einzuschlagende Verfahren gibt Note 3 des Anhanges einige Anhalte. Am vollkommensten erfolgt die Darstellung mit Hülfe tachymetrischer Aufnahmen, welche ausführlich zu schildern wohl unterlassen werden kann, wogegen das Wesen der Distanz- und Höhenmessung mit Hülfe der distanzmessenden Instrumente kurz angegeben werden soll. Man kann aber auch den Höhenverlauf wichtiger Linien, z. B. der Aussengrenzen, durch ein genaues Nivellement feststellen; zur Bearbeitung der übrigen Linien bedient man sich zweckmässig entweder

* Die absoluten Höhenzahlen bezeichnet man mit dem Ausdruck Höhenkoten. (Kote = franz. cote = Bezeichnung.)

eines Gefällmessers, der die Neigung des Terrains in Prozenten angiebt, oder eines Instrumentes, welches die Neigungswinkel in Graden anzeigt. In beiden Fällen beginnt man an einem Punkt, dessen absolute Höhe bereits bekannt is und arbeitet auf- oder abwärts fort.

Hat man ein Prozentgefällmesser, so berechnet sich die vertikale Erhebung eines Punktes über dem andern aus der Vergleichung der Länge des Horizontalabstandes mit dem Neigungsprozent. Letzteres = p, die Länge = l, die Höhe aber = h gesetzt, hat man $l : h = 100 : p$, also $h = l \,.\, 0{,}0p$.

Hätte man mithin von einer nivellierten Strecke 15% Gefälle ermittelt und die Länge von 350 Meter auf der Karte abgegriffen, so ist $h = 350 \,.\, 0{,}15 = 52{,}5$ m. Will man hingegen wissen, in welcher Horizontalentfernung der Ausgangspunkt der nächsten, beispielsweise 10 m höher liegenden Horizontale zu suchen ist, so findet man aus der obigen Proportion $l = \frac{h \,.\, 100}{p}$, also in diesem Falle $= \frac{1000}{15} =$ 66,7 m. Diese Länge wird nun einfach auf dem Massstab abgegriffen und auf der Karte abgestochen. Man kann die Operation bei günstiger Witterung sofort im Wald vornehmen.

Bedient man sich eines Instrumentes, welches die Steigung in Graden angiebt, so entspricht die vertikale Erhebung der Tangente des betreffenden Winkels, und man bedarf zur Ermittelung der Höhe einer Tangententafel, indem sich $l : h = 1 : \text{tang.}$ verhält, mithin $h = l \,.\, \text{tang.}$ ist.

Hätten wir den Steigungswinkel 15° abgelesen und die Länge von 350 m auf der Karte abgegriffen, so würde sich die Tangente von 15° zu 0,2679 und mithin h = 94 m finden.

Hat man hingegen den Ausgangspunkt der nächsten 10 m höheren Horizontale zu ermitteln, so findet sich die betreffende Länge aus $l : h = 1 : \text{tang.}$ zu $l = \frac{h}{\text{tang.}}$ in diesem Falle mit $\frac{10}{0{,}2679}$ oder 37,4 m. Hat man auf diese Weise eine Terrainscheidungslinie von Anfang bis zu Ende verfolgt und ihre vertikale Erhebung in den gewünschten Dimensionen von 10

oder 20 Metern auf die Karte gebracht, wobei die Benutzung zweckmässig eingerichteter Hülfstafeln, welche man sich leicht selbst konstruiert, gute Dienste tut, so geht es an die zunächst gelegene Linie. Immer muss man so viel als möglich Anschluss an solche Punkte zu gewinnen suchen, deren Höhe bereits barometrisch, trigonometrisch oder durch Nivellement bestimmt ist und nach denen man die mittelst einer der beiden vorigen Methoden gefundenen Höhenpunkte berichtigen kann.

Hat man eine Terrainlinie, welche nach ihren Höhenverhältnissen zu untersuchen ist, nicht auf der Karte und ist daher genötigt, den Zug derselben geometrisch aufzunehmen, so empfiehlt sich schiefe Messung der Längen und Messung des Höhenwinkels. Die Horizontalwinkel misst man am besten mit einer leichten Bussole. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Visiervorrichtung ein Fernrohr bildet, welches zum Distanzmessen eiugerichtet ist.

Die Reduktion der gemessenen schiefen Linien auf den Horizont erfolgt nach dem Kosinus des Höhenwinkels und die Höhe entspricht bei ermittelter schiefer Länge (= r) dem Sinus desselben Winkels.

Bei Anwendung distanzmessender Instrumente (am besten in Verbindung mit einer Bussole) ist das Berechnungsverfahren folgendes: Man visiert nach der lotrecht stehenden Latte. Es sollen die Visierfäden an ihr das Stück o u abschneiden; dieses wird, da Winkel o u o' dem Höhenwinkel α gleich ist, auf das Stück o' u reduziert nach dem Verhältnis o u : o' u = 1 . cos α, woraus o' u = o u cos α.

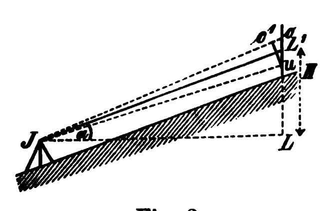


Fig. 3.

Nun ist J L' = 100 . o u . cos α. (Die Länge in Metern entspricht den durch die Visur des Distanzmessers auf der Latte abgeschnittenen Zentimetern, daher die Länge in Metern = Lattenabschnitt = 100 . o u.)

J L findet sich nach dem Ansatz $JL' : JL = 1 : \cos \alpha$

oder $100 . ou . \cos \alpha : JL = 1 : \cos \alpha$

woraus $JL = 100 . ou . \cos^2 \alpha$.

Um nun aus o u auch die senkrechte Höhe $LL' = H$ zu finden gilt die Proportion $JL' ; H = 1 : \sin \alpha$

$$100 . ou . \cos \alpha : H = 1 : \sin \alpha$$

$$H = 100 . ou . \cos \alpha . \sin \alpha.$$

Nun ist aber $\sin 2 \alpha = 2 \sin \alpha . \cos \alpha$

$$1/2 \sin 2 \alpha = \sin \alpha . \cos a, \text{ mithin}$$

$$H = 100 . ou \times 1/2 \sin 2 \alpha.$$

Hiernach sind im voraus Tafeln konstruiert, nach denen die Höhen und reduzierten Distanzen leicht aufgeschlagen werden können. Die umfassendsten sind die „Hülfstafeln für Tachymetrie von Jordan" (Stuttgart 1880).

Zur alsbaldigen Darstellung der Höhenunterschiede und horizontalen Entfernungen dient der Wagner'sche Tachygraphometer, ein schweres und teueres Instrument, welchem wir eine leichte Boussole mit Höhenkreis und Distanzmesser vorziehen. (Vergl. über dieses Instrument die Abhandlung von Runnebaum in Danckelmanns Zeitschrift für F. und Jagdwesen 1880, S. 641 ff.)

Neben den soeben geschilderten Methoden ist noch die Ermittelung der Höhenunterschiede durch das Barometer zu erwähnen. Man bedient sich hierzu der bekannten Aneroidbarometer, welche leicht mitzuführen und für den vorliegenden Zweck hauptsächlich dann hinlänglich genau sind, wenn der Umfang des aufzunehmenden Gebietes, sowie einige durch dasselbe hindurchführende Linien (z. B. Strassen) bereits nivellitisch behandelt wurden, überhaupt eine genügende Anzahl von Höhenkoten, zwischen denen eine weitere Reihe von Höhen zu bestimmen ist, schon feststeht. Es ist zu empfehlen, stets von einem solchen Festpunkt auszugehen und in kurzer Zeit (höchstens 2 Stunden) wieder an einen solchen anzuschliessen. In diesem Ealle genügt die Anwendung e i n e s Barometers, ausserdem benützt man deren z w e i (Stand- und Waldbarometer), wobei ein Instrument an einem

Festpunkt zurückbleibt und hier in regelmässigen Zeitintervallen beobachtet .wird, während an den anderen Punkten die Barometerstände im Terrain abgelesen und durch Vergleichung mit der jeweiligen Angabe des Standbarometers unter Berücksichtigung der, ebenfalls immer mit abzulesenden Temperaturen, die Differenzen bez. Höhenunterschiede berechnet werden. Bei Anwendung nur eines Barometers und Ermittelung der Höhen einer Anzahl von Zwischenpunkten zwischen zwei Festpunkten, deren Höhenkoten bereits feststehen, wird man meist einen grösseren oder geringeren Unterschied zwischen der richtigen und der berechneten Höhe finden. Dieser Unterschied wird auf die Höhen der Zwischenpunkte erteilt, am besten im Verhältniss zur Zeit der Ablesungen, welche man deshalb bei Vornahme derselben mit zu notieren hat.

Zur Berechnung der Höhen bedient man sich besonderer Tafeln, z. B. derjenigen von Dr. Schoder (Hülfstafeln zur barometrischen Höhenmessung, Stuttgart 1872), in welchen sich gleichzeitig eine recht zweckentsprechende Anleitung zur Vornahme barometrischer Höhenmessungen findet.

(Weiter vergl. Crug, die Anfertigung forstlicher Terrainkarten auf Grund barometrischer Höhenmessung Berlin 1878).

Nachdem eine genügende Anzahl von Höhenkoten auf den das Gelände bestimmenden Zügen gefunden ist, derart, dass von jedem Punkt, in welchem die Neigung des Geländes wechselt, (Geländebruch), die Höhe und der geometrische Ort auf der Karte feststeht, werden diejenigen Punkte, durch welche Kurven zu legen sind, (Kurvendurchgangspunkte) mit je 5, 10 oder 20 m Höhendifferenz durch Interpolation oder auf graphischem Wege auf der Karte bestimmt.

Dieses Aufsuchen der Kurvendurchgangspunkte geschieht im wesentlichen durch Teilung einer geraden Linie nach einem bestimmten Verhältnis. Gesetzt, es seien die Höhen 238 und 275 als Koten in der Linie a b (Fig. 4) gegeben, so handelt es sich darum, die Punkte festzustellen, welche

den Höhenzahlen 240, 250, 260 und 270 entsprechen. Der Höhenunterschied ist 37 m. Legt man in geeignetem Winkel an den einen Endpunkt, z. B. b. eine Linie, auf der man 37 Teile feststellt, verbindet den Endpunkt mit a und zieht man die entsprechenden Parallelen durch die Teile 5, 15, 25, 35, bis zu a b, so ist letztere der gestellten Forderung gemäss eingeteilt. Man kann mittelst Anlegen eines Stückchens Millimeterpapier sehr rasch zum Ziele gelangen.

b
275 m
270
260
250
240
238 m
a

Fig. 4.

Ein weiteres Hülfsmittel besteht in einem s. g. Diagramm (Fig. 5), dessen Einrichtung folgende ist:

Auf der beliebig langen Linie 00 wird an einem Ende ein Lot errichtet, auf welchem eine Mehrzahl von Teilpunkten durch Auftragen einer beliebig gewählten Teilgrösse gebildet wird. Diese Teilpunkte verbindet man mit dem vorderen Nullpunkt. Es empfiehlt sich, den je 5. Strahl rot auszuziehen.

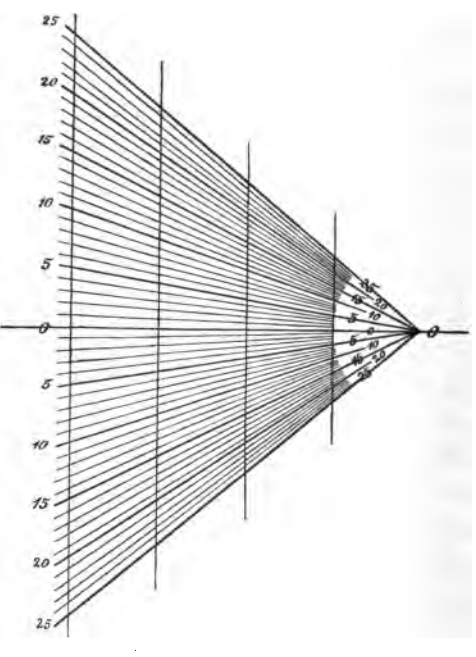


Fig. 5.

Rechtwinklich auf 00 werden in angemessenen Zwischenräume weitere Lote errichtet. Zum Zwecke der Teilung einer Linie nach bestimmtem Verhältnis nimmt man dieselbe

in den Zirkel und geht auf der der Linie 00 so lange fort, bis auf dem Diagramm die Zirkelspitze gerade die verlangten Teile ergeben. Die Lote dienen dazu, um immer eine zu 00 senkrechte Richtung der in den Zirkel gefassten Linie zu sichern. Wäre z. B. die Länge ab der Figur 4, 37 m darstellend, so zu teilen, dass der Kurvendurchgangspunkt 260 erlangt wird, so würde das Verhältnis 15:22 zu Grunde zu legen sein. Man geht auf dem 15. Teilstrahl mit der einen Zirkelspitze so weit fort, bis die andere Spitze den Strahl 22 bei senkreschter Haltung der Linie zu 00 erreicht. In der letzteren ist der gesuchte Teilungspunkt gefunden.

Die Verbindung der einzelnen gleich hoch gelegenen Kurvendurchgangspunkte durch horizontal laufende Linien, welche nun die Höhenkurven bilden, ist lediglich aus freier Hand zu bewirken. Jedoch ist es unerlässliche Bedingung, dass man für diese Operation das Terrain nach allen Richtungen hin gründlich durchwandert und studiert hat.

Die Beobachtung des Terrainverlaufs von gegenüber liegenden oder höher gelegenen Punkten aus vermittelt häufig sehr wertvolle Einblicke und ist daher zu empfehlen.

Damit die Horizontalen nicht mit anderen Linien der Karte verwechselt werden, empfiehlt es sich, dieselben rot zu zeichnen. Die Hunderter zieht man dick aus, die anderen Linien werden nur punktiert. Wichtigere Punkte des Terrains (Kuppen, Rücken, Sättel, Zusammenläufe von Flüssen etc.) werden auf der Karte mit der entsprechenden Höhenkote versehen, ebenso gibt man die den einzelnen Horizontalen entsprechenden Zahlen am Rand der Karte, wo die Kurven auslaufen, an. Einige Darstellungen von Horizontalkurven finden sich auf den Zeichnungen Tafel I und II.

Es leuchtet ein, dass man mit Hülfe einer solchen Horizontalkurvenkarte von jedem gegebenen Punkte die Höhenlage — wenn sie nicht gerade auf einer Kurve liegt, mittels Interpolation — feststellen kann. Ebenso lässt sich der Höhenunterschied zweier Punkte und, indem man die Länge

abgreift, auch das Steigungsverhältnis nach Prozenten leicht ermitteln, somit auch auf der Karte eine Linie von bestimmtem Steigungsverhältnis darstellen.*

c) Konstruktion der Wegelinien auf der Karte.

α. Feststellung der Hauptwegezüge.

§ 15.

Bei Aufnahme des Terrains hat man die beste Gelegenheit, alle diejenigen Momente in der Natur zu erörtern und festzustellen, welche auf die Konstruktion des Wegenetzes von Einfluss sind. Namentlich wird man auch dabei im Stande sein, die Umgebungen des betreffenden Forstkomplexes, die Lage der benachbarten Ortschaften, Fabriken, Strassen, Eisenbahnen, etwaige Wasserstrassen, als Kanäle und Flüsse usw., mit in die Karte einzuzeichnen und die Geländeaufnahme auch auf diese Partieen auszudehnen.

Bei Projektierung der Hauptwege wird man von denjenigen Aussenpunkten beginnen, welche Anschluss an solche öffentliche Verkehrsmittel, wie Strassen, unter Umständen Flüsse, gewähren, mittelst deren die Forstprodukte ihren Verbrauchsplätzen zugeführt werden.

Die wesentlich entscheidende Frage ist zunächst die, ob

---

* Für weiteres Studium sind zu empfehlen:

„Über Höhenaufnahmen“ von Karl Haas, Ingenieur. Stuttgart 1878.

„Das Terrainrelief, seine Aufnahme und Darstellung vsn Marcks und Balke“, Berlin 1876.

Ausserdem sind folgende Abhandlungen lesenswert:

„Die Terraindarstellung etc.“ von Runnebaum in Danckelmanns Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1879, S. 65 ff.

„Über Höhenaufnahmen in gebirgigem Terrain“ von Beyhl in Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1880 S. 228 ff.

Endlich erwähnen wir die bezügliche Darstellung in Jordan, Handbuch der Vermessungskunde.

die Konsumtionsorte hoch oder tief gelegen sind, oder ob dem Absatz nach beiden Richtungen hin Rechnung getragen werden muss.

Jedenfalls ist es eine Hauptaufgabe, die Täler zugänglich zu machen, in welche von den Bergwänden aus die Hölzer unmittelbar oder mittelbar gebracht werden. Geht der Absatz nach oben, so wird ein oberer passender Anknüpfungspunkt gesucht und auf der Karte bemerkt. Zuvörderst muss man nun über die zulässigen Steigungen im Klaren sein, worüber in § 8 das nötige mitgeteilt ist. Entscheidet man sich bei einem solchen Hauptweg zu 5% Steigung, so bedarf man, um eine vertikale Höhe von 10 Meter zu überwinden, einer Längenausdehnung der Weglinie von 200 Meter. Man greift nun einfach diese 200 Meter in den Zirkel und trägt dieselben so in die Karte, dass sie in schräger Richtung von dem Anfangspunkt gerade bis auf die nächste Horizontale reichen.* Von hier aus wird in derselben Weise weiter operiert und man versucht es nun, wie weit man in die Tiefe kommt, ohne das Steigungsmaximum zu überschreiten. Findet man, dass wegen der Steilheit des Terrains mit einer einfachen Linie nicht ohne weiteres ein gewünschter tiefer Punkt erreicht werden kann, so ist es erforderlich, dass nun von dem unteren Punkt aufwärts in derselben Weise verfahren wird und dass man beide Linien durch eine geeignete dritte Linie, die ebenfalls nicht mehr Gefäll hat, als das Steigungsmaximum besagt, verbindet. Die besten Punkte für solche Verbindungen sind flachere Abplattungen des Ge-

* In koupiertem Gelände wird in der Regel die auf der Karte abgestochene Grösse nicht genau der korrespondierenden Linie des Terrains entsprechen, sondern letztere etwas grösser sein, indem die Terrainbiegungen niemals mit voller Schärfe in den Horizontalkurven sich darstellen lassen. Nach Mühlhausen, Wegenetz etc., empfiehlt sich daher die Zugrundelegung eines, um 1/2—1% über das gewählte Gefälle hinausgehenden Prozentsatzes, bei dessen Anwendung die durch Abgreifen auf der Karte ermittelte Linie mit derjenigen Linie übereinstimmen wird, welche mit einem 1/2—1% geringeren Gefälle in Wirklichkeit abzustecken ist.



ländes, muldenförmige Einbiegungen, kurz solche Stellen, wo sich zweckmässig Kurven anbringen lassen, welche die beiden Wegteile verbinden.

Geht man von einem tiefer gelegenen Ausmündungspunkte eines Hauptweges aus und sucht von diesem mit bestimmter Steigung die Höhe zu gewinnen, so wird ebenso, wie oben beim Abwärtskonstruieren der Linie geschildert wurde, die aus dem vertikalen Abstand der Horizontalen und dem Steigungsprozent abgeleitete Länge in den Zirkel gefasst und aufwärts operiert, soweit es geht. Wäre die Steigung der Talsole selbst eine stärkere, als das anzuwendende Wegabsteckungsprozent, so müsste man von demjenigen Punkt, bei welchem die grössere Steigung der Talsole beginnt, erst ein Stück rückwärts gehen, d. h. der beabsichtigten Richtung des Weges gerade entgegengesetzt die Linie ziehen, worauf man sodann mittelst einer Rampe in die eigentliche verlangte Richtung zurückginge, bis man wieder die Talsohle erreicht hätte. Wäre das Gefälle derselben hier immer noch höher, als das erlaubte Maximum der Wegsteigung, so würde abermals mittelst einer Serpentine oder Rampe dem Weg eine entgegengesetzte Richtung angewiesen und ebenso weiter operiert, wie wir bereits gesehen haben. — Auf diese Weise würde man auch in schwierigem Terrain ohne Ueberschreitung des Steigungsmaximums, wenn auch mit vielen Umwegen, die bestimmte Höhe erreichen. Wegen der Schwierigkeiten jedoch, die der Bau eines solchen Weges bieten müsste, empfiehlt es sich, wenn irgend tunlich, die Endpunkte etwas zu verlegen, namentlich den tiefsten Endpunkt höher zu bringen. Im Gebirge pflegt der untere Verlauf der Täler in der Regel so zu sein, dass die Sohle kein Gefälle hat, welches über das Maximum des Steigungsprozentes, welches der Weg erhalten soll, hinausgeht; erst mit weiterem Verfolgen der Talrichtung stösst man auf eine stärkere Neigung der Talsohle, welche zu dem Verlassen derselben und zu seitlicher Ausbiegung des Weges mittelst Rampen und Kurven Veranlassung gibt. Im oberen Verlauf trifft man nun in der Regel auch diejenigen

Punkte, an denen die Talsohle in eine unscheinbare Wasserrinne und schliesslich in ein flachmuldenförmiges Gelände verläuft.

Sobald das Tal sich nach oben verflacht, hört der Begriff der Talsohle auf, und es entsteht nun die Forderung, mit Höhenwegen an die Talwege anzuschliessen, um die Bergkuppen und Rücken in das Wegenetz genügend hereinzuziehen. Es ist bei Lösung dieser Aufgabe ein besonderes Augenmerk auf die sogenannten Gebirgssättel zu richten, d. h. diejenigen Terrainbildungen, von denen aus nach zwei Seiten hin Erhöhungen ansteigen und Vertiefungen abdachen.

Man wird daher, wenn man mit der Konstruktion eines Talweges bis zu dem Punkt vorgerückt ist, wo derselbe in einen Höhenweg übergehen soll, sich klar machen, ob in der beabsichtigten Richtung ein Terrainsattel zu finden ist. Da ein solcher stets eine tiefere Einsenkung innerhalb eines Gebirgszuges oder -Rückens repräsentiert, so ist es einleuchtend, dass er mit verhältnismässig geringerem Gefälle erreicht werden kann, als ein höher gelegener Rücken oder Bergkopf. Man kann nun auf der Terrainkarte durch Zählung der zwischenliegenden Horizontalkurven leicht ermitteln, um wie viel der fragliche Sattel höher liegt, als der Punkt, wohin die Konstruktion des Talweges gelangt ist. Eine annähernde Ermittelung der Längenentfernung beider Punkte, und zwar nicht nach der Geraden, sondern nach der durch das Terrain angezeigten Bogenlinie ist mittelst Zirkel und Massstab ebenfalls auf Grund der Karte zu bewirken. Hiernach erfährt man, welches Gefälleprozent bei direkter Verbindung beider Punkte mittelst einer Weglinie erforderlich ist und hat nun, wenn dasselbe das statuierte Maximum (s. § 8) nicht übersteigt, die Länge zu bestimmen, welche in schräger Richtung von einer Horizontalen zur andern abgegriffen werden muss. Ist beispielsweise 4% Gefälle nötig, so ist bei 10 m Abstand der Horizontalen zur Überschreitung je zweier Horizontalen eine Länge erforderlich, welche abzu-

leiten ist aus dem Verhältnis $100 : 4 = 1 : 10, 1 = \frac{10 \cdot 100}{4} =$ 250 m. In diesem Fall werden 250 m in den Zirkel genommen und hiernach die Linie auf der Karte bezeichnet.

Ist das für direkte Verbindung gefundene Gefälle zu hoch, so geht man von oben in einer, der Maximalsteigung entsprechenden Richtung abwärts und ebenso von unten aufwärts. Beide Linien schneidet man durch eine dritte, diagonal zu legende Verbindungslinie, wie bereits im Anfang dieses Paragraphen beschrieben worden ist.

Von einem solchen Gebirgssattel kann man nun nach mehreren Richtungen hin weiter auf die Höhe des Gebirgszuges steigen. Ebenso ist aber auch ein solcher Punkt der geeignetste Übergang zum jenseitigen Talhang und daher derjenige Ort, der am zweckmässigsten berührt wird, wenn man Produkte aus einem Talgebiet über eine Wasserscheide hinweg in ein anderes Gebiet transportieren will.

Unter allen Umständen sind diese Gebirgssättel wichtige Sammelpunkte und Kreuzungen für das Wegsystem; ihre Benutzung ist für die Gewinnung von rationellen Ausmündungspunkten von wesentlichem Einfluss und sie verdienen daher bei der Terrainaufnahme besonders ins Auge gefasst zu werden. Liegt oberhalb eines solchen Sattels noch eine grössere Waldpartie, deren Aufschluss zu wünschen ist, so können unter Umständen auch Höhenwege nach einer oder nach mehreren Richtungen hin anschliessen, sofern man auf diese Weise noch eine hinlängliche Waldfläche oberhalb des Weges behält, deren Grösse die Anlage eines Hauptweges rätlich erscheinen lässt. Diese Höhenwege sind gleichzeitig für die wirtschaftliche Einteilung eines Waldgebietes insofern nützlich zu verwerten, als vermittelst derselben Plateaux oder Kuppen von den Hängen getrennt und somit Terrainpartien, welche einer verschiedenen wirtschaftlichen Behandlung unterliegen, von einander geschieden werden können (Bildung sogenannter „Kopfdistrikte“).

Ausser den Tal- und den Höhenwegen sind als Haupt-

wege besonders noch diejenigen in Betracht zu ziehen, welche an dem Saume des Waldes hin gelegt werden können und neben der Abfuhr der Hölzer die Bestimmung haben, die Eigentumsgrenzen zu markieren. Leider sind bei diesen Wegen nicht selten in die Waldgrenze einspringende fremde Grundstücke ein Hindernis für ihre rationelle Anlage. Es ist daher hier besonders darauf Bedacht zu nehmen, sich vor der definitiven Projektion dieser Wege mit den anstossenden Besitzern nötigenfalls wegen des Grunderwerbs im Wege des Kaufes, Tausches, oder der Einräumung einer Wegservitut zu benehmen.

Die Konstruktion eines Netzes von Hauptwegen lässt sich theoretisch unmöglich mit genügender Voraussicht aller einzelnen Fälle lehren. Möge es genügen, dass wir nach dem ebengesagten die Hauptrücksichten mitgeteilt haben. Übung und praktischer Takt müssen dazu kommen, wenn kurzsichtige Anlagen vermieden werden sollen. Es ist daher zu wünschen, dass bei Festsetzung der Hauptwegezüge Verwaltungs- und Inspektionsbeamte zusammentreten, wozu mit Rücksicht auf die Verbindung zwischen Wegenetz und Waldeinteilung in der Regel noch die Zuziehung besonderer Forsteinrichtungssachverständiger die wünschenswerte Ergänzung bilden wird.*

β. Bestimmung der Richtung der Nebenwege.

§ 16.

Hat man das Terrain mit einem genügenden Zug von Hauptwegelinien durchschnitten, beziehungsweise dieselben auf der Karte projektiert, so kommt die Vervollständigung

* Behufs Orientierung über grössere derartige, wirklich ausgeführte Projekte ist die Lektüre von „Mühlhausens Wegenetz des Lehrforstreviers Gahrenberg“, Frankfurt a. M. 1876 sehr zu empfehlen. Ebenso enthalten die Schriften von Martin, sowie von Kaiser (s. Literaturnachweisung) lehrreiche Darstellungen von Forsteinteilungen in Verbindung mit Wegenetzlegung.

des Netzes durch die Einfügung der nötigen Zufuhr- oder Nebenwege hinzu.

Ihre Lage wird nicht immer ausschliesslich nach den Terrainverhältnissen bestimmt, sondern in der Regel von dem Vorhandensein abzufahrender Holzmassen abhängig gemacht.

Was die Terraineinflüsse anlangt, so geben bei den Talwegen kürzere Seitentäler Veranlassung zur Anlage von Nebenwegen. Man hat auf die Art der Ausmündung Bedacht zu nehmen und namentlich darauf zu sehen, dass kein allzu spitzer Winkel in der Richtung der beabsichtigten Einmündung des Nebenweges in den Hauptweg gebildet wird, damit das Fuhrwerk gut herumkommen kann.

Wird die Steigung des Seitentales zu gross, als dass man die Sohle desselben zur Wegeanlage benutzen könnte, so wird dieselbe verlassen und von dem Abgangspunkt aus mit dem zulässigen Gefällmaximum seitwärts in die Höhe operiert, bis man irgendwo wieder auf einen Höhenweg, oder auf einen geeigneten Endpunkt trifft. Abgesehen von den Seitentalwegen hat man nun noch eine Reihe von Seitenhöhenwegen nötig, mittelst deren der Aufschluss der Bergwände bewirkt wird.

Man muss, um diese Anlagen in der nötigen Vollständigkeit ausführen zu können, sich klar sein, in welchem Verhältnis die jährlichen Zinsen der auf die Weganlage zu verwendenden Kosten, sowie die Einbusse, die durch den Verlust an produktivem Holzboden erwächst, zu der jährlichen Ersparnis an Holzrückerlöhnen stehen. — Man würde sich jedoch in das Gebiet unfruchtbarer theoretischer Spekulationen verlieren, wollte man diese Festsetzungen mit einer grösseren Umständlichkeit und Genauigkeit bewirken, als es erforderlich ist, um einen ungefähren, für die Praxis genügenden Überschlag zu gewinnen, da sich mancherlei Momente der genauen Festsetzung in Zahlengrössen entziehen und der Wert einer solchen Wegeanlage öfters auch noch mittelbare Vorteile im Gefolge hat, die geradezu sich nicht in Geld ausdrücken lassen.

Es ist daher neben der Rechnung auch der Spekulation und der Reflexion einiger Spielraum zu gewähren.

Wie man in einem konkreten Falle zu rechnen hat, mag das nachstehende Beispiel veranschaulichen.

Der laufende Meter eines Nebenweges komme auf 75 Pfennige Baukosten zu stehen; dies entspricht bei 3% Verzinsung einer jährlichen Belastung der Kasse mit 2¼ Pfennig pro laufenden Meter. Hierzu seien an durchschnittlichen Unterhaltungskosten pro Jahr vom Meter ¾ Pfennig zu rechnen; dies macht in Summa 3 Pfennig, also für 100 Meter Wegelänge 3 Mark. Ausserdem geht durch den Bau eines Schleifweges von 5 m Breite (incl. Böschung) für je 100 m Weglänge eine Fläche von 0,05 Hektar produktiven Waldbodens verloren, was bei einer durchschnittlichen jährlichen Bodenrente pro Hektar von 20 Mark einem jährlichen Verlust von 1 Mark für 100 m Wegelänge entspricht. Es ist also der gesamte jährliche Aufwand, resp. Verlust, der durch die Wegeanlage entsteht, pro 100 m Länge mit 4 Mark zu beziffern.

Nun sei die fragliche Bestandsform, die aufzuschliessen ist, Fichtenhochwald, welcher pro Hektar an Zwischen- und Hauptnutzung jährlich im Durchschnitt 5 Festmeter Holzertrag liefert.

Die Kosten für Rückerlöhne sollen erfahrungsmässig pro Festmeter betragen:

Bei	25	m	Transportweite	10	Pf.
„	50	„	„	12,5	„
„	74	„	„	15	„
„	100	„	„	17,5	„
„	125	„	„	20	„
„	150	„	„	24	„
„	175	„	„	28	„
„	200	„	„	32	„
„	225	„	„	36	„
„	250	„	„	40	„
„	275	„	„	45	„
„	300	„	„	50	„

Legen wir nun eine regelmässig bestandene Wirtschaftsfigur und die Breite derselben zu 500 m zu Grunde, so dürfte die mittlere Transportweite bei Unterstellung einer regelmässigen rechtwinkligen Figur der Abteilung gleich 250 m zu veranschlagen sein, wobei angenommen wird, dass an den oberen Weg von dem, unterhalb desselben ausfallenden Holz so gut wie nichts angerückt werden kann. Der mittlere Transportkostenbetrag pro Festmeter wäre nach obiger Tabelle 40 Pf. Bei einer Breite von 500 m kommen auf je 100 m Länge der Abteilung 5 Hektar Fläche, mithin jährlich durchschnittlich 5 × 5 = 25 Festmeter Material zum Einschlag. Dies mit einem Aufwand von 40 Pfennig pro Festmeter transportiert, giebt jährlich 10 Mark Kosten für Holzrückerlöhne.

Würde die Fläche durch einen Weg in der Mitte nochmals geteilt, so kommen auf 100 m Länge nur 2,5 Hektar Fläche mit jährlich 12,5 Festmeter zu 125 m Transportweite und zu 20 Pf. Kosten, in Summa also 2,50 Mark. Für die beiden Hälften der Fläche stehen nun in diesem Fall 5,00 Mark Transportkosten den obigen 10 Mark gegenüber. Der Bau des Weges stellt daher hier für jährlich 4 Mark Aufwand eine Ersparnis von 10—5 = 5 M. an Rückerlöhnen in Aussicht; es bleibt für die Forstverwaltung noch ein Nutzen von jährlich 1 Mark für 100 m Wegelänge.

Es liegt auf der Hand, dass man bei solchen Rechnungen nur regelmässige und normale Verhältnisse zu Grunde legen kann; bei einiger Reflexion wird man sicherlich in den Stand kommen, für die vorkommenden Betriebsarten zu berechnen, wie gross die Abstände der Wege sein dürfen. Man wird die Abstände dann rationell nennen können, wenn die Höhe des Aufwandes, also der Zinsen und der Amortisation des Baukapitals sowie der jährlichen Kosten der Unterhaltung, ferner der Zinsen des Kapitals für die unproduktiv gewordene Waldfläche mit der jährlichen Ersparnis an Holzrückerlöhnen im Gleichgewicht steht.

Es dürfte nicht überflüssig sein, hier zu bemerken, dass

bei der Festsetzung des Verlustes, der durch Abgang an produktiver Waldfläche bei Wegbauten entsteht, auf der anderen Seite der gesteigerte Zuwachs der Randstämme zu berücksichtigen ist, so dass bei schmalen Wegen, über denen ein Kronenschluss des Holzes wieder eintritt, öfters ein Verlust an Hauptnutzung nur teilweise stattfindet, während der Entgang an Durchforstungsmaterial für das Wegflächenareal allerdings vollständig sich ergiebt.

Nach dem Dargestellten wird es nicht befremden, wenn wir eine bestimmte Angabe über den rationellen Abstand der einzelnen Weganlagen von einander unterlassen. Wie schon gesagt, ist es erforderlich, dass eine Beurteilung dieser Frage nach den örtlichen Verhältnissen und auf Grund der lokal so verschiedenen Faktoren vorgenommen werde.

Die in der Literatur seither niedergelegten Angaben über die zweckmässigsten Abstände der Wege sind daher — was uns nicht befremden kann — sehr von einander abweichend.

Während Scheppler und Dengler übereinstimmend 300 bis 400 Schritt, also 250—330 Meter als mittlere Entfernungen angeben, normiert die vormals kurhessische Instruktion die Entfernungen

im Gebirg auf 120—160 m
im Hügelland auf 160—200 m
in der Ebene auf 240—280 m.

Urich gibt in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung von 1865 S. 225 125—175 m als Abstand an und von späteren Schriftstellern bezeichnet O. Kaiser in Danckelmanns Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen Bd. VI, S. 41 100—150 m als zweckmässigen Abstand im gebirgigen Terrain, während Mühlhausen a. a. O. S. 9 als Abstand der Wege

für die Ebene 160 m
für stark geneigte Hänge 120 m
für sehr steile Hänge 80 m

zu Grunde legt. Schuberg („Der Waldwegebau und seine Vorarbeiten") gibt S. 102 die allgemein gehaltene Grenze zwischen 200 m und 600 m an.

Bei der Leichtigkeit, mit welcher sich der Holztransport gerade an steilen Hängen mittelst Schleifens, Stürzens u.s.w. vollzieht, glauben wir, dass hier die rationelle Grösse der Wegeabstände eine bedeutendere ist, als vielfach angenommen wird.

γ. Festsetzung der Richtungen der übrigen Weganlagen.

§ 17.

Ausser der Bestimmung der Zugsrichtungen für Haupt- und Nebenwege kann noch die Richtung der Fuss-, Reit- und Schlittwege in Betracht kommen. Ihre Konstruktion auf der Karte hat nach ganz ähnlichem Verfahren zu erfolgen, wie die in § 15 und 16 gelehrte Methode angibt. In den meisten Fällen werden bei richtigem und vollständigem Aufschluss eines Waldkomplexes durch ein Netz von Haupt- und Nebenwegen besondere Begang- oder Reitwege gar nicht mehr erforderlich sein. Nur für den Fall, dass Hauptwege mit einem etwas geringen Steigungsprozent projektiert sind, kann es wünschenswert sein, für das rasche Hin- und Herkommen des Personals Fuss- oder Reitwege anzulegen, welchen ein grösseres Gefäll zu Grunde liegt und die in Folge dessen verhältnissmässig kürzer sind. Die erforderlichen Kombinationen ergeben sich eigentlich nach dem Dargestellten nunmehr von selbst und es dürfte ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand hier füglich zu unterlassen sein.

Was die Schleif- oder Schlittwege anlangt, so werden dieselben ähnlich konstruiert, wie die Nebenwege, nur mit dem Unterschied, dass man anstatt der angemessenen Einmündung in Hauptwege diese Anknüpfung an Ablagen an den Flossbächen oder Holzriesen zu Grunde zu legen hat und von hier aus aufwärts operiert, wie bei den Seitenwegen gezeigt worden ist.

Schliesslich bemerken wir, dass sich bei systematischem Waldwegebau die Darstellung der geplanten Bauten auf besonderen Wegenetzkarten, welche mit Horizontalkurven versehen sein müssen, empfiehlt. Es ist nicht gerade nötig, sämtliche beabsichtigte Anlagen örtlich aufzusuchen und abzustecken,

sondern es genügt für minderwichtige oder erst in späterer Zukunft auszubauende Wege eine vorläufige Projektierung auf der Karte, wobei die vorhandenen Höhenkurven eine genügende Prüfung der Steigungsverhältnisse ermöglichen. Es ist zu empfehlen, die Projekte zuvörderst nur mit Blei einzutragen und die Linien erst dann mit Tusche auszuziehen, wenn sie entweder ausgebaut, oder zum Ausbau so vorbereitet sind, dass eine Veränderung der Linien nicht zu erwarten ist (Einteilungslinien). Jede ausgebaute Strecke wird mit einer passenden Bezeichnung versehen, so dass Projekt und Ausführung stets verglichen werden können.

Mit Hülfe solcher Karten können die Pläne der Gegenwart am einfachsten der Zukunft überliefert und kann dasjenige den Nachfolgern jederzeit vorgeführt werden, was die Vorgänger gewollt und erstrebt haben. In vielen Fällen werden durch den Erwerb von anstossenden Grundstücken, durch Vereinbarungen mit Grenznachbarn u.s.w. zweckmässigere Verläufe von Wegen ermöglicht, als man früher geglaubt hat, wodurch Änderungen selbst der sorgfältigsten Pläne unvermeidlich werden.

C. Wegenetz und Waldeinteilung.

§ 18.

Die Rücksichten, welche man der rationellen Einteilung eines Waldkörpers schuldet, können in manchen Fällen auf die Konstruktion des Wegenetzes modifizierend einwirken.

Die Einteilung soll den gegebenen Waldkomplex in ein System von Ortsabteilungen (in Preussen in der Ebene „Jagen“, sonst „Distrikte“, in Süddeutschland „Abteilungen“ genannt) zerlegen, welche dem künftigen Betrieb einen gewissen Rahmen und einen sicheren festen Anhalt zu gewähren haben. Diese Ortsabteilungen sollen als selbständige Wirtschaftsfiguren dienen und daher tunlichst einem gleichen Betrieb unterliegen. Es ist also nötig, ihre Grenzen so zu legen, dass dadurch nach Möglichkeit die Standortsverschiedenheiten

und die abweichenden Expositionen geschieden, mindestens keine wesentlich abweichenden Standortsverhältnisse in eine Ortsabteilung zusammengefasst werden. Es kommt ferner in Betracht, dass sie eine für die Anlage und Fortsetzung der Schläge entsprechende Figur, sowie endlich eine angemessene Grösse haben müssen.

Diese letztere hängt vornehmlich von der Ausdehnung des ganzen Reviers, sowie von der vorliegenden Betriebsart ab. Insbesondere ist es wünschenswert, dass jede Ortsabteilung keine grössere Fläche umfasse, als innerhalb einer Nutzungsperiode zum Abtrieb oder zur Verjüngung gebracht werden kann, damit eine Teilung in verschiedene Perioden so viel als möglich vermieden wird.

Für kleinere Forste und bei koupiertem Terrain dürfte eine Fläche von 10—12 ha den wirtschaftlichen Zwecken am meisten entsprechen, in grösseren Forsten erscheint die Fläche von 20—30 ha angemessener; darüber hinaus werden die Ortsabteilungen für die Einrichtung und den Betrieb meist zu ungefügig.*

Hinsichtlich der Form der Distrikte ist zu bemerken, dass zwar das Quadrat die relativ geringeren Umfangsgrenzen hat, dass hingegen dem Rechteck der Vorzug einer geringeren mittleren Transportweite beiwohnt, weshalb letztere Figur tunlichst zu begünstigen ist.

Über die Verbindung der Waldeinteilung der Ebene (Jageneinteilung) mit dem Wegenetz ist bereits in § 12 das Erforderliche gesagt worden. Hier ist Rechtwinkligkeit der Figuren vollständig durchzuführen.

Auch im flachen Hügelland lässt sich noch eine Eintei-

---

* Vgl. Stoetzer, Forsteinrichtung 1898 S. 19.

Nach von Hagen-Donner, Forstliche Verhältnisse Preussens, 3. Aufl., Bd. 1, S. 197 soll in den Preussischen Staatsforsten die Grösse der Ortsabteilungen beim Buchenbetrieb 30, in Kiefern 25 ha in der Regel nicht überschreiten, für Fichten, sowie kleinere Forstkörper aber auf noch geringere Grössen herabgegangen werden.



lung in regelmässiger Rechteckform denken, wobei von der geraden Richtung der Linien nur insoweit abzuweichen ist, als es sich notwendig erweist, um zur Vermeidung eines allzu hohen Gefällprozentes etwaige Unebenheiten zu umgehen.

Die Grenze, bis zu welcher man in sanft geneigtem Terrain die Wege und Einteilungslinien noch durchgehends zusammenfallen lassen kann, richtet sich nach der Frage, unter welchem spitzen Winkel die Linien einander allenfalls schneiden dürfen.

Ein allgemeines Gesetz für die Beantwortung dieser Frage ergiebt sich aus folgender Erwägung:

Es seien in Fig. 6 e d b und f d g zwei sich unter dem Maximalwinkel c d g = α schneidende Einteilungslinien; die Höhe zwischen zwei Kurven sei b c = h. Die unter An-

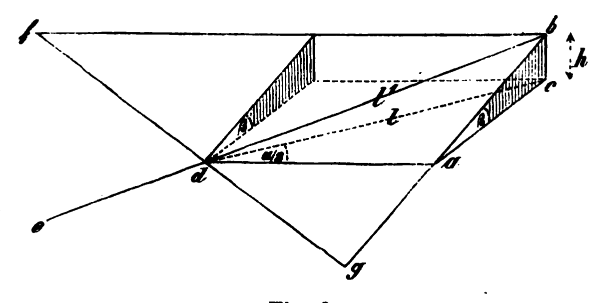


Fig. 6.

nahme des Maximalsteigungsprozentes (p) zwei Kurven verbindende Linie der Wirklichkeit sei d b = l^1, die der Karte also d c = l. Nun ist l : h = 100 : p, also $l = \frac{100\,h}{p}$, ferner

$$a\,c : l = \sin\frac{\alpha}{2} : 1,\quad a\,c = \frac{100\,h}{p} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$$

weiter $a\,c : h = 1 : \operatorname{tg}\beta$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h}{\frac{100\,h}{p} \cdot \sin\frac{a}{2}} = \frac{p}{100 \cdot \sin\frac{\alpha}{2}}$$

Will man etwa ½ R als Maximum desjenigen spitzen Winkels annehmen, unter welchem sich Weg- bezw. Einteilungslinien noch schneiden dürfen und ist die Maximalsteigung

$= 7\,^0/_0$ normiert, so würde sich $\text{tg}\,\beta = \frac{7}{100\,.\,\sin{}^1/_2\,R} = \frac{7}{37}$ $= 0{,}19$ berechnen, was einer Terrainsteigung von $19\,^0/_0$ oder reichlich $10\,^3/_4$ entspricht.

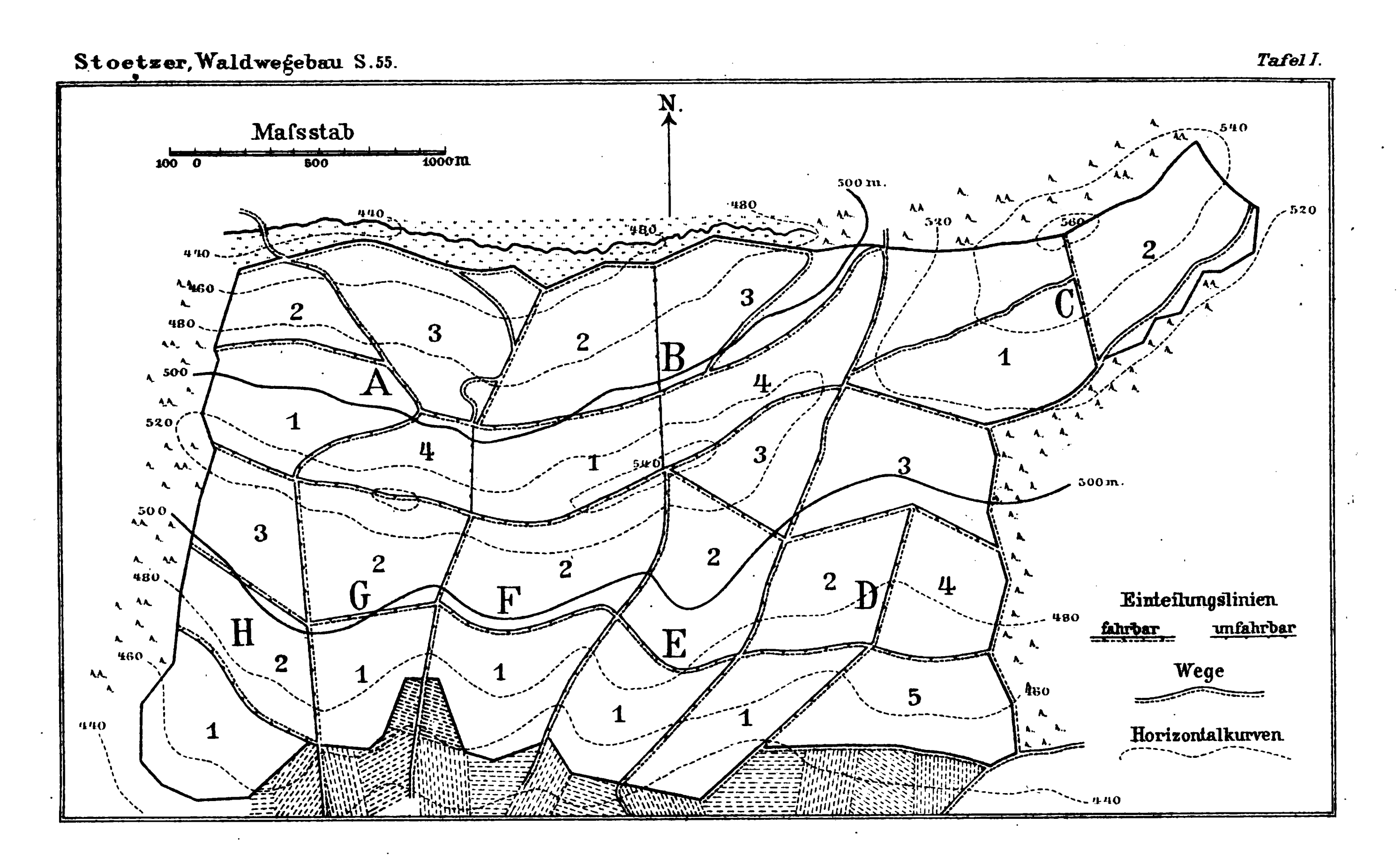
Sollen die Maschen des Netzes sich noch unter R schneiden, so würde sich $\text{tg}\,\beta = \frac{7}{100\,.\,\sin R} = \frac{7}{71} = 0{,}0986$ berechnen, woraus sich ein Steigungsprozent von $10\,^0/_0$ oder ein Terrainwinkel von $5\,^1/_2{}^0$ ergibt. Bei einer Maximalsteigung von $7\,^0/_0$ ist also eine rechtwinklige Einteilung nur noch möglich, wenn das Terraingefälle nicht über $10\,^0/_0$ beträgt.

Wäre umgekehrt bei gegebener Terrainsteigung (β) die Frage zu lösen, unter welchem kleinsten Winkel (α) die Maschen des regelmässig rautenförmig mit $p\,^0/_0$ Steigung zu projektierenden Wegenetzes sich noch schneiden, so würde sich aus $\text{tg}\,\beta = \frac{p}{100\,.\,\frac{\sin\alpha}{2}}$ ergeben $\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{0{,}0\,p}{\text{tg}\,\beta}$.

Bei einer mittleren Terrainsteigung von $15\,^0/_0$ oder $8^1/_2{}^0$ alter Teilung und dem Gefälle $p = 8\,^0/_0$ würde sich finden $\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{0{,}08}{0{,}15} = 0{,}533$, woraus $\frac{\alpha}{2} = 32^0$, $\alpha = 64^0$ folgt. Die Linien würden sich also noch unter Winkeln von 64, bezw. 116^0 schneiden.

Nach unserer Ansicht sollte man spitzere Schnittwinkel der Einteilungslinien, als solche von $^1/_2$ R nicht wählen, da ausserdem die Ecken der Wirtschaftsfiguren eine für die Anlage und Aneinanderreihung der Schläge und die Einhaltung zweckmässiger Hiebsfolgen ungeschickte Form erhalten, die Gefahr des Windbruchs unter Umständen vergrössert wird, auch die Anlage der Kurven in den Winkeln auf Schwierigkeiten stösst.

In Wirklichkeit finden sich übrigens die Verhältnisse, unter denen selbst im flachen Hügellande eine ganz regelmässige rautenförmige Einteilung möglich ist, äusserst selten. Meist kommen selbst im flachen Terrain Mulden, Schluchten, Köpfe und Rücken vor, welche für den Verlauf der Linien



Mafsstab
100 0 500 1000 m
N.
Einteilungslinien
fahrbar
unfahrbar
Wege
Horizontalkurven
500 m.
A
B
C
D
E
F
G
H
440
460
480
500
520
540
560

massgebend werden und die ganz regelmässige Anlage des Netzes hindern. Als Beispiel einer solchen Einteilung, bei welcher Wegenetz und Wirtschaftsnetz fast durchgehends zusammenfallen, diene die Skizze Tafel I.

Im Mittelgebirg dienen zunächst die Hauptalwege als Einteilungslinien; demnächst kommen, wie bereits früher angedeutet wurde, die Höhenwege in Betracht, welche vom Standpunkt der forstlichen Einteilung aus sehr zweckmässig sind, um die tiefer liegenden Hänge von den Bergköpfen oder Hochebenen zu scheiden. Hierbei empfiehlt es sich, einen solchen Höhenweg nicht genau auf die Grenze zwischen Hang und Kuppe oder Plateau zu legen, sondern lieber etwas tiefer, um dadurch zu erreichen, dass auf demselben etwas mehr Material transportiert werden kann. Ebenso ist es zweckmässig, denselben nicht durchgehends horizontal verlaufen zu lassen, sondern ihm eine gewisse Neigung in der Richtung des Tales zu geben, um die Beförderung der Hölzer nach dem Konsumtionsgebiet besser anzubahnen, als dies geschieht, wenn dieselben allzulange horizontal gefahren werden.

Meist wird es sich empfehlen, den tiefsten Punkt eines solchen Höhenweges so zu wählen, dass sich an der betreffenden Stelle eine Kurve anlegen lässt, mittelst deren der direkte Transport der Forstprodukte nach der Tiefe eingeleitet wird. (Vergl. Distrikt A der Skizze Tafel II.)

Die oberhalb eines solchen Höhenwegs sich ergebenden Ortsabteilungen pflegt man Kopfdistrikte zu nennen; bleibt ein grösseres Plateau übrig, so findet sich öfters auch Gelegenheit, dasselbe durch ein System von mehr oder weniger eben liegenden Linien für sich regelmässig einzuteilen.

Ob eine Bergwand mit einer Weglinie (etwa annähernd in der Mitte), welche als Einteilungslinie dient und die Bergwand in eine obere und untere Hälfte zerlegt, nochmals zu durchschneiden ist oder nicht, hängt von der Höhe der Bergwand und der Grösse der eventuell sich ergebenden Ortsabteilungen ab. Soll eine solche Linie für den Holztransport

einen hervorragenden Nutzen haben, so muss sie mit angemessenem Gefälle angelegt werden, mithin den Hang schief durchschneiden. In diesem Fall wird es sich fragen, ob es nicht wegen Einhaltung regelmässiger Schlagfolgen und Vermeidung von Windbruchgefahr den Vorzug verdient, die Bestände des Hanges einer einheitlichen Bewirtschaftung zu unterwerfen und die Trennung des Betriebes durch eine solche Einteilungslinie zu unterlassen. Hiermit soll jedoch dem Wert einer solchen Wegelinie als Holztransportmittel keineswegs zu nahe getreten werden; im Gegenteil sind solche Linien zur Verbindung der Höhen mit den Tälern absolut nötig, wo Sommertransport der geschlagenen Hölzer besteht. Anders ist es im höheren Gebirge, wo der Schnee als Unterlage des Transports dient und vieles Holz einfach durch Schleifen oder Stürzen in der Linie des grössten Gefälles oder auch auf Schlittwegen von der Höhe zu Tal geschafft wird, in welchem Falle derartige Fahrwege weniger dringend sind.

Als Beispiel einer Einteilung von Mittelgebirgsforsten teils durch Wege, teils durch Trennungslinien, welche die Horizontalen senkrecht schneiden und daher für Wegeanlagen nicht in Betracht kommen, diene die Skizze Tafel II.

Im Hochgebirge werden Grate (Rücken) und Schluchten, sowie vertikal über die Horizontalen verlaufende Trennungslinien zur forstlichen Einteilung genügen und Wegenetzprojektierungen in Verbindung mit forstlicher Einteilung selten nötig werden.

2. Kapitel.

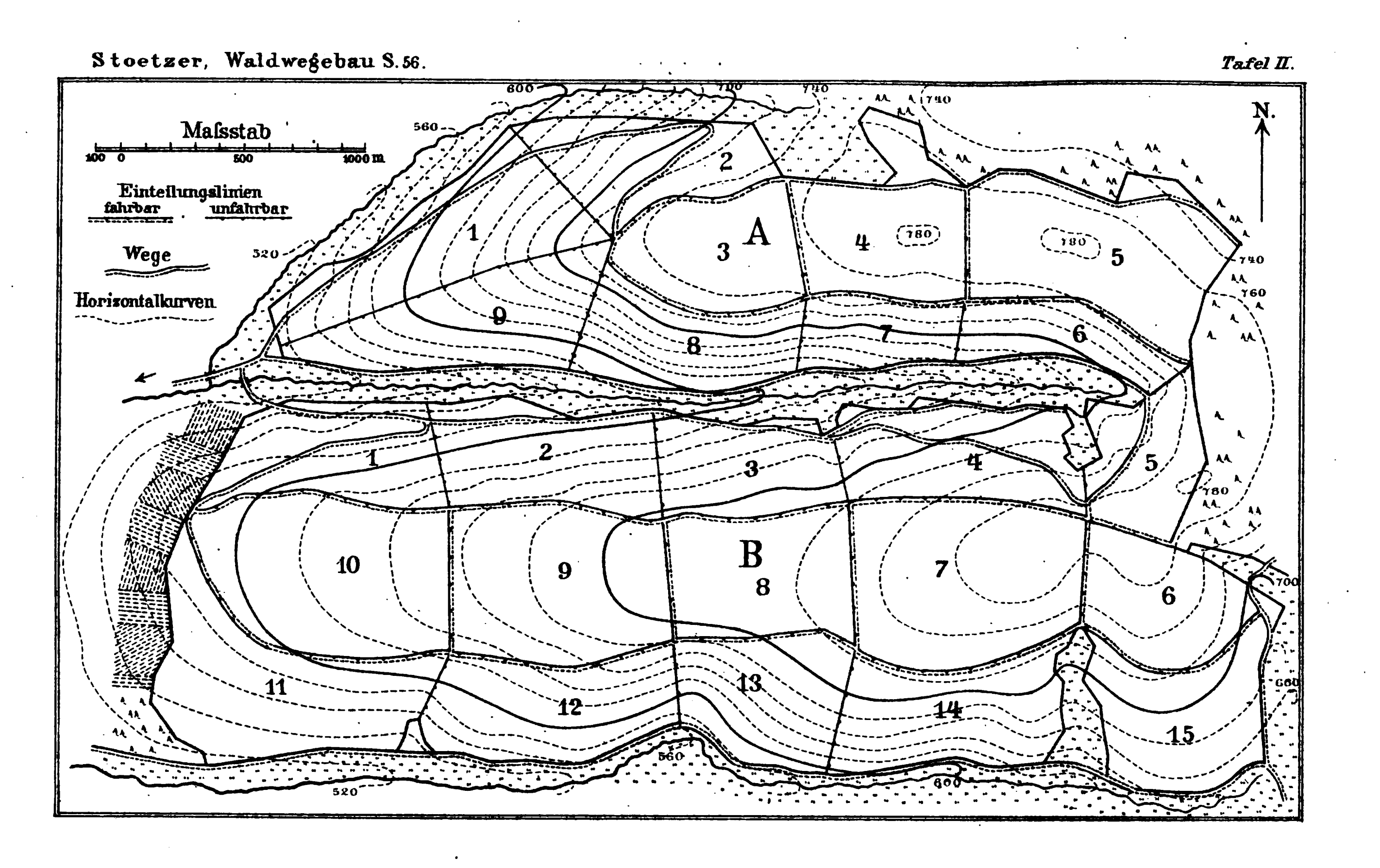
Aufsuchen der Weglinien im Walde.

1. Abschnitt.

In der Ebene.

§ 19.

In der Ebene bedarf es zur Absteckung der Weglinien nur der Kenntnis der einfachen geodätischen Operation des



Maſsstab
100 0 500 1000 m
Einteilungslinien
fahrbar
unfahrbar
Wege
Horizontalkurven
N.
A
B

Absteckens gerader Linien, mag nun die Lage des Wegzuges zuvor nach § 12 auf der Karte bestimmt sein, oder mag man ohne diese Vorarbeit in einem einzelnen Fall im Freien an die Aufgabe herantreten, zwei gegebene Punkte durch eine auf dem Gelände abzusteckende Gerade zu verbinden (s. Note 2).

2. Abschnitt.

Das Abstecken der Waldwegzüge im Hügelland und Gebirge.

a) Mit vorausgegangener Projektierung auf Terrainkarten.

§ 20.

Durch die Konstruktion des Wegenetzes auf der mit Terrainhorizontalen versehenen Übersichtskarte hat man die Gewissheit erlangt, welcher Prozentsatz der Steigung Anwendung zu finden hat, um zwei gegebene Punkte mit einer Wegelinie zu verbinden. — Um nun das auf der Karte eingezeichnete Netz in den Wald zu übertragen, hat man nur nötig, mittelst eines Nivellierinstrumentes, welches sich auf beliebige Prozente einstellen lässt, von dem einen der gewählten Ausmündungspunkte hin nach dem andern die nach der Karte gewählte Richtung aufzusuchen.

Die Lösung dieser Aufgabe setzt die Kenntnis des Gebrauchs der Nivelierinstrumente voraus; fast jedes Lehrbuch der Geodäsie enthält die Lehre von diesen Operationen und insofern wohl ein Forstbeamter, der sich mit den Manipulationen des Wegeabsteckens zu beschäftigen Veranlassung hat, im Besitz eines solchen Lehrbuchs der Geodäsie sein dürfte, kann wohl von einer Darstellung der Lehre des Nivellierens an dieser Stelle abgesehen werden. Um jedoch allen Ansprüchen zu genügen, haben wir unter Note 3 einen kurzen Abriss der Nivellierkunde angefügt, in welchem ganz besonders dasjenige, was für die Operationen des Waldwegebaues Verwendung findet, darzustellen versucht worden ist. (s. Note 3.)

Man stellt sich auf dem Anfangspunkt mit dem Instrument auf, welches die Stellung erhalten hat, die dem Gefällprozent der abzusteckenden Wegelinie entspricht. Hierauf lässt man einen Gehülfen in der mutmasslichen Richtung der Wegelinie auf eine Strecke von vielleicht 20 Schritt hinausgehen und denselben eine Zieltafel aufstellen, deren Marke der Instrumentenhöhe, bezüglich der Augenhöhe des Beobachters gleich gemacht ist. Nun wird der Gehülfe durch Winken mit der Hand entweder am Hang aufwärts, oder abwärts so lange weiter dirigiert, bis er, resp. die Zieltafel auf demjenigen Punkte des Geländes steht, bei dem die Visur vom Beobachter nach der Zielmarke den Prozentsatz angibt, welchen der Weg erhalten soll. Dieser Punkt wird durch einen einzuschlagenden Pfahl markiert und man begiebt sich nun auf denselben, während der Gehülfe mit der Zieltafel in der voraussichtlichen Wegerichtung weiter geht.*

Ist derselbe so weit als mit Rücksicht auf bequemes Visieren angemessen erscheint, vorgerückt, so wird der nächste Punkt des Geländes, der als Höhenmarke für den anzulegenden Weg dienen soll, ebenso aufgesucht wie der vorige, indem der Gehülfe aufwärts oder abwärts gewiesen wird, bis er so steht, dass die Visur das verlangte Steigungsverhältnis ergiebt; auf diese Weise operiert man nach dem bereits auf der Karte bestimmten Endpunkt hin.

Ist man ziemlich sicher, dass die Absteckung als eine definitive gelten kann, so empfiehlt es sich auch, die Stationen von gleicher, mittelst Messband zu bestimmender Länge (in der Regel je 20 Meter) zu machen und die Stationspfähle alsbald fortlaufend zu numerieren, so dass nach Beendigung

* Wir empfehlen für das Aufsuchen der Wegelinien nach einem gegebenen Prozentsatz ganz besonders die leichteren Nivellierinstrumente ohne Fernrohr, deren es eine grosse Anzahl gibt und von denen in Note 3 einige beschrieben sind. Namentlich finden hier zweckmässig solche Instrumente Verwendung, für deren Gebrauch man keines Statives bedarf.



der Absteckung alsbald die Länge der aufgesuchten Linie fest steht. Namentlich ist ein solches Verfahren bei Aufsuchung einfacher Wege, z. B. Fusssteige, deren Anfertigung sogleich zur Ausführung in Akkord gegeben werden soll, zu empfehlen.

Im Allgemeinen ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass die aufzusuchenden Stationspunkte in einer Lage des Geländes liegen müssen, welche der durchschnittlichen Abdachung desselben entspricht, also nicht etwa auf einer Erhöhung oder in einer Vertiefung. Je koupierter das Terrain, um so kürzer müssen die Stationen gemacht werden, damit sich die Wegelinie allen Biegungen des Geländes möglichst anschmiegt. Gelangt man im Verlauf der Absteckung auf Hindernisse, welche sich dem Bau entgegenstellen, insbesondere auf Felspartien, Sumpfstellen, Bodeneinsenkungen etc., so ist es ein sehr einfaches Mittel, um diesen unwillkommenen Störungen auszuweichen, dass man oberhalb oder unterhalb des Hindernisses sich mit dem Instrument aufstellt und nun mit vergrössertem oder verringertem Steigungsprozent so lange rückwärts einschneidet, bis man die ursprüngliche Linie wieder trifft.

Selten wird der Fall eintreten, dass man genau den angenommenen Endpunkt erreicht, sondern in der Regel kommt man etwas höher oder tiefer. Es ist nun zu empfehlen, dass man in diesem Fall von dem Endpunkt aus rückwärts mit einem um 1—2 % erhöhten oder verminderten Prozentsatz das Absteckungsgeschäft in derselben Weise wie vorher geschildert wurde, so weit vornimmt, bis man in die soeben festgelegte erste Linie wieder hineinkommt. Die sich hiernach ergebenden Wechsel in den Steigungsverhältnissen sind nicht bedeutend genug, um auf die Lage der Wegelinie einen wesentlich modifizierenden Einfluss auszuüben. Bei der Möglichkeit, dass man mit der ersten Absteckung tiefer als am Endpunkt herauskommt und sodann genötigt ist, mit einem höheren Prozentsatz rückwärts von dem festen Punkt aus in die nicht genau zutreffende Linie einzuschneiden,

empfielht es sich übrigens, die Bestimmung des Maximalprozentsatzes von vornherein nicht zu knapp zu greifen, damit eine Überschreitung desselben auf kurze Strecken allenfalls noch zulässig werde.

Kommt man mit der Absteckung sehr erheblich weit von dem gesuchten Punkte heraus, so dass es untunlich erscheint, mit Hülfe des Rückwärtseinschneidens die erste Absteckung zu korrigieren, so ist die Grundlage der Karte falsch und es ist zunächst erforderlich, dieselbe zu berichtigen oder nach der im folgenden zu schildernden Methode zu verfahren.

b) Absteckung von Wegezügen ohne Benutzung der Terrainkarten.

§ 21.

Obgleich es bei systematischem Betrieb des Waldwegebaues Regel sein muss, die einzelnen Wegzüge durch Kombinationen auf guten Terrainkarten zu entwerfen und von hier aus auf das Gelände zu übertragen, so werden immerhin noch weitaus die meisten Wege ohne Benutzung jenes Hülfsmittels abgesteckt.

Bei Vornahme derartiger Arbeiten ist es unerlässlich, die genaueste Kenntnis des Terrains, der Absatzrichtungen, der Anschlüsse an bereits vorhandene Wege sich anzueignen, indem alle diese Faktoren die zweckmässigste Lage eines Einzelwegs in hohem Grade beeinflussen.

Nach vorausgegangener Prüfung aller dieser einschlagenden Verhältnisse wird man in der Lage sein, beurteilen zu können, wo der zu bauende Weg auf einen bereits vorhandenen ausmünden soll, wohin seine Richtung zu führen und wo derselbe zu endigen hat.

Es sind bei Aufsuchung der Weglinie zwei wesentlich verschiedene Fälle denkbar:

a) es ist sowohl der Ausgangs-, als auch der Endpunkt bestimmt gegeben;

b) es ist nur der eine Ausmündungspunkt feststehend,

während der andere mit einem gewissen Spielraum verschoben werden kann.

Zu a). Zunächst kommt es darauf an, den Höhenunterschied zwischen den beiden gegebenen Punkten zu wissen und ebenso die Länge kennen zu lernen, welche bei direkter, dem Terrain angepasster Lage die Weglinie, welche beide Punkte verbinden soll, bekommen würde. In diesem Falle könnte man behufs genauer Erforschung des Höhenunterschieds ein Nivellement mit einem genauen Nivellierinstrument vornehmen und die Länge hierbei durch Messung feststellen.

In den weitaus meisten Fällen genügt jedoch nach unserer Erfahrung in waldigem, die Durchsicht hindernden Terrain folgendes Verfahren:

Mit einem der einfacheren Pendelinstrumente oder dem Spiegeldiopter stellt man sich über dem gegebenen Endpunkt auf, lässt in der Richtung nach dem anderen Punkt den Gehülfen mit der, nach der Instrumentenhöhe (resp. nach der Augenhöhe des Beobachters) eingestellten Zieltafel in beliebiger gerader Entfernung, bis zu welcher man noch visieren kann, hinausgehen und notiert nun das abgelesene Gefällprozent, sowie die Entfernung, letztere in Schritten; in gleicher Weise wird bis zu dem Endpunkt in derjenigen Richtung, die der Weg voraussichtlich bekommt, fortgefahren.

Die gewonnenen Data werden folgendermassen zusammengestellt:

a. Station.	b. Länge. Schritt.	c. Gefälle. %		d. Absolute Steigung. Schritt.		Bemerkungen.
		+	—	+	—	
0—1	50	6		3,0		$100 : 6 = 50 : x$ $\left(x = \frac{6 \times 50}{100}\right)$
1—2	40		3		1,2	
2—3	70	7		4,9		
3—4	80	4		3,2		
4—5	30	5		1,5		
5—6	50	4		2,0		
Sa.	320			14,6	1,2	
			ab:	1,2		
			totale Steigung:	13,4		

Die Linie ist hier also 320 Schritt lang, die Höhendifferenz beträgt 13,4; man erhält das durchschnittliche Steigungsprozent (nach der Proportion 320 : 13,4 = 100 : x) $= \frac{1340}{320} = 4{,}2$, rund $4^1/_4$ oder 4%, mit welchem nunmehr die Weglinie, indem rückwärts stationiert wird, sogleich aufgesucht werden kann. Vom Standpunkt der Theorie lässt sich allerdings hiergegen geltend machen, dass dies Verfahren nur dann zutreffen wird, wenn die zu suchende zweite Linie mit der benutzten ersten gleiche Länge hat. Dies ist ganz richtig, aber in der Praxis ohne Bedeutung, wenn man nicht haben will, dass das Gefälle bis auf Zehntelprozente genau stimmen soll. Letztere Forderung halten wir für eine übertriebene, sind vielmehr der Ansicht, dass beim erstmaligen Aufsuchen der Wegelinien eine Genauigkeit bis zu höchstens halben Prozenten durchaus genügt.

Ist das gefundene Durchschnittsgefälle zu hoch und an dem Anfangs- oder Ausmündungspunkt der projektierten Linie nichts mehr zu ändern, so bleibt nichts übrig, als mit dem nach § 8 festzustellenden Gefälle-Maximum vom untern Endpunkt aufwärts und vom oberen Endpunkt abwärts zu operieren und beide Linien etwa in der Mitte oder an einem anderen, in Folge des Terrains geeigneten Punkte (flachere Abplattung) mittelst einer dritten Linie zu schneiden, die dasselbe Gefälle hat. An den beiden Durchschnittspunkten sind die Linien sodann mit angemessenen Kurven (Rampen) zu verbinden. Ist die Höhe zu bedeutend, als dass man dieselbe mittelst zweier Kurven erreicht, so ist die Operation zu wiederholen. Letzterer Fall kann in parzelliertem Waldbesitz vorkommen, wie aus Figur 7 erhellt. Aus derselben ist ersichtlich, dass die Absatzrichtung für die zu transportierenden Waldprodukte auf den Weg A B geht. Man wird mit der unteren Ausmündung eines anzulegenden Weges also auf alle Fälle da beginnen müssen, wo jener den Wald berührt und zwar an dem höchst gelegenen Punkt desselben, nämlich bei e. Ebenso ist es nach der Figur der Grenzen

klar, dass der anzulegende Holzabfuhrweg den Sattel bei D erreichen muss und da die vorgenommenen Ermittelungen

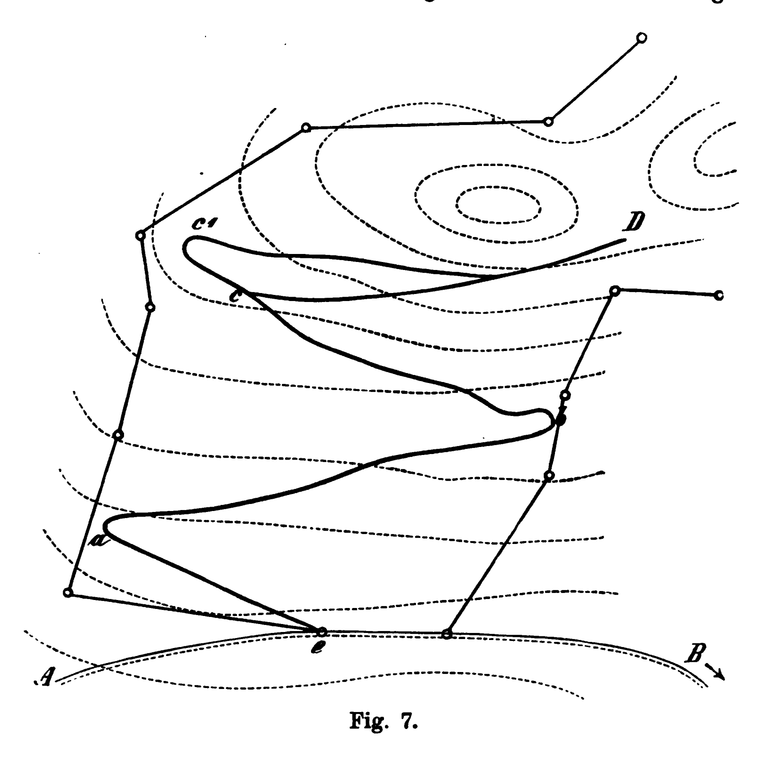


Fig. 7.

zu dem Resultat führen, dass das Gefälle für eine direkte Wegelinie von e nach D zu gross wird, so beginnt man von e aufwärts mit dem Aufsuchen der Wegelinie unter Annahme des erlaubten Gefällemaximums, beispielsweise 7 %. Bei a erreicht man die Grenze und ist nun genötigt, mittelst einer Rampe die Richtung nach b einzuschlagen, wo in Folge der Grenze abermals und zwar nach c hin gedreht werden muss. Inzwischen hat man von dem Punkt D abwärts abgesteckt und erreicht die von unten herauf aufgesuchte Weglinie zwar schon bei c, da aber der Punkt c' in Folge seiner Lage auf einem flacheren Geländeteil sich zur Anlage einer Rampe besser eignet, so wird man noch die Absteckung von c nach c' vornehmen, bei c' die Rampe anbringen und nun

c' mit D verbinden, wobei diese letztere Strecke eine kleine Ermässigung des Gefälles erhält.

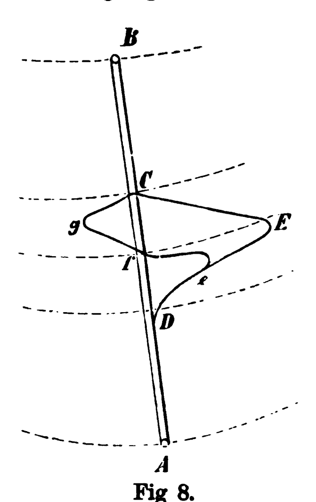


Fig 8.

Eine Anwendung für derartige Operationen bietet ferner der nicht selten vorkommende Fall, dass eine Schneissenlinie in dem grössten Teil ihrer Länge zwar mit einem zur Anlage eines Weges zulässigen Gefälle versehen, an irgend einer Stelle jedoch zu steil ist, um auf derselben einen brauchbaren Weg anlegen zu können. In diesem Fall wird man, wenn in Figur 8 CD die unfahrbare Strecke vorstellt, von C aus abwärts und von D aus aufwärts mit dem Instrument unter Annahme des zulässigen Gefällemaximums zwei Wegelinien aufsuchen, welche sich in E schneiden, wo eine angemessene Kurve anzubringen ist. Mit noch geringerer Abweichung von der geraden Schneissenlinie könnte man die Aufgabe auch mittelst Absteckung des Linienzuges D e f g C lösen.

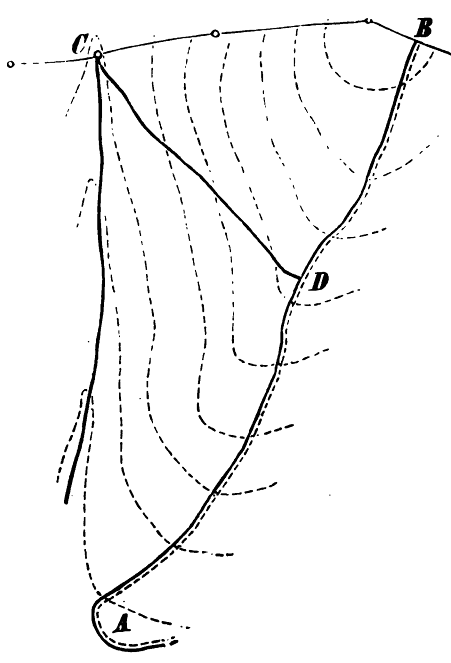


Fig. 9.

Zu b). Ist bei der Aufsuchung von

Wegelinien nur der eine Endpunkt als ein feststehender mit absoluter Bestimmtheit gegeben, hingegen bei dem zweiten Endpunkt eine Verschiebung in der einen oder anderen Richtung zulässig, so wird man behufs möglichster Abkürzung der Linie sofort von dem gegebenen festen Punkte aus die Absteckung mit dem Prozentsatz des Gefällemaximums beginnen und es dem Zufall überlassen, wo man mit der Absteckung endigt.

Ein solcher Fall würde in Figur 9 dargestellt sein, wenn die Aufgabe gegeben wäre, aus der Tiefe des links der Strasse A B gelegenen Forstdistriktes einen Schleifweg zu bauen, der auf die genannte Strasse ausmündet. Hier würde man offenbar zum Ausgang des Schleifweges den äussersten Punkt C des Distrikts wählen und nun von da aus mit der Absteckung beginnen, welche in diesem Falle bei D in die vorhandene Strasse A B hinführen würde.

3. Kapitel.

Abrundung der aufgesuchten Wegerichtungen durch angemessene Bogenrichtungen (Kurven).

1. Abschnitt.

Einfache Ausrundung stumpfer Winkel in den Wegezügen.

§ 22.

Die nach den entwickelten Methoden im Walde aufgesuchten und fixierten Wegelinien stellen sich als eine Kette von geraden Linien dar, die in der Regel unter stumpfem Winkel zusammenstossen. Es ist öfters nötig, dass an dem Zusammentreffen zweier Linien eine Abrundung des Winkels, unter dem sie sich schneiden, vorgenommen wird, wie dies in der Zeichnung Figur 10 durch die punktierten Linien angedeutet ist.

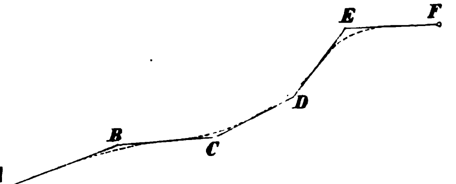


Fig. 10.

Eine solche Abrundung hat bei un-

bedeutenderen Ecken, die unter stumpfen Winkeln zusammenlaufen, keine Schwierigkeiten und ist nach dem Augenmass in der Regel leicht auszuführen.

Die zu bestimmenden Kurven erscheinen hier meistens als Kreis-, seltener Parabel-Bögen und die betreffenden Geraden der Weglinien als die zugehörigen Tangenten. Kontrekurven wie a und b der Figur 11 sind durch eine Gerade c, deren Länge mindestens der Ausdehnung der längsten Fuhrwerke, welche voraussichtlich den Weg passieren werden, gleichkommt, zu verbinden.

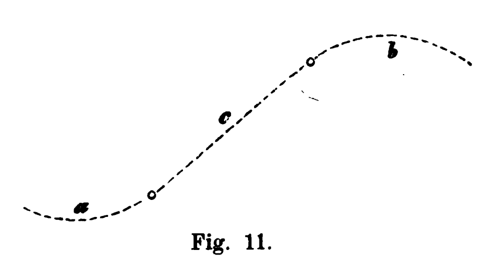


Fig. 11.

2. Abschnitt.

Absteckung von eigentlichen Kurven.*

A. Ermittelung der kleinsten zulässigen Kurvenhalbmesser.

§ 23.

Obgleich man die Vereinigungsbögen der geraden Strassenstrecken möglichst gross zu wählen sucht, so ist es doch zur Vermeidung von beträchtlichen Erdarbeiten, sowie zur Ersparnis ausgedehnterer Anwendung von Stützmauern in bergigem Terrain geraten, die Halbmesser der Bögen auf das zulässige Minimum zu beschränken.

* In Betreff der Literatur verweisen wir für eingehenderes Studium der Kurvenlehre auf die interessanten Ausführungen Schubergs in dessen Waldwegebau, sowie auf Ed. Heyers Werk. Auch ist eine darauf bezügliche Abhandlung des letztgenannten Verfassers in dem 1876er Tharander Jahrbuch zu erwähnen. Ferner ist eine lesenswerte kleine Schrift „Schiege, Die Wegekrümmungen, Freiberg i/S. 1896“ anzuführen.

Viel des Lehrreichen enthalten auch die Werke über Vermessungskunde von Bauernfeind und Jordan. Für unsere Darstellung der Kurvenlehre haben wir einiges aus Schuberg und Jordan entlehnt.

Die Grösse dieses sogenannten Minimalradius ist abhängig:

1) von der Länge der belasteten Fuhrwerke, inkl. Bespannung;

2) von der Breite, die der Weg erhalten soll;

3) von der Konstruktion der Fuhrwerke, insbesondere von der Grösse des Winkels, in welchem die Vorderachse gegen die Lenkwiede des Wagens gedreht werden kann. Die geringste Grösse der Radien erfordern zweirädrige Karren, welche sich schon dann bequem drehen lassen, wenn die betreffende Wegestelle etwa diejenige Breite hat, welche der reichlichen Länge der Karre entspricht. Die bedeutendste Ausdehnung der Kurvenhalbmesser erfordern Langholzgespanne.

In welcher Weise man durch Rechnung den zulässigen Minimalradius zu finden hat, erhellt aus nachstehender Entwickelung. Geht man von der Voraussetzung aus, dass die Zugrichtung in den Kurven eine Tangente zum betreffenden Kreisbogen darstellt und dass bei der Bewegung des Fuhrwerks das äussere Rad und das äussere Zugtier die Steinbahn des Weges nicht überschreiten soll, so findet sich das Minimum des Halbmessers nach folgender Rechnung.

In Figur 12 ist, wenn R den Mittenhalbmesser der Kurve, L die Länge des Fuhrwerkes, B die Breite der Bahn bezeichnet,

$$BC = R + \frac{B}{2}$$

$$DC = R$$

$$BD = \frac{L}{2}$$

Nun ist aber $DC^2 = BC^2 - BD^2$ also $R^2 = \left(R + \frac{B}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2$

$$R^2 = R^2 + BR + \frac{B^2}{4} - \frac{L^2}{4}$$

$$BR = \frac{L^2 - B^2}{4}$$

$$R = \frac{L^2}{4B} - \frac{B}{4}$$

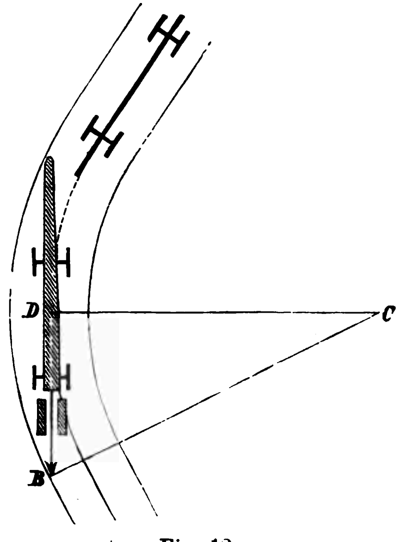


Fig. 12.

In dieser Formel lässt sich offenbar $\frac{B}{4}$ gegen $\frac{L^2}{4B}$ in den meisten Fällen vernachlässigen und man erhält für die Bestimmung des Minimalradius die ebenso einfache als ausreichende Formel $\frac{L^2}{4B}$.*

Da nach derselben auf die Verringerung von R jede Vergrösserung des B von wesentlichem Einfluss ist, so folgt hieraus, dass es zur Erlangung möglichst kleiner Kurvenhalbmesser sich empfiehlt, innerhalb der Kurve die Wegbahn stets zu verbreitern. Eine ältere, früher vielfach zur Benutzung empfohlene Formel zur Berechnung der Minimalradien ist diejenige, nach welcher $R = \frac{L2}{2B}$ sein soll.

Die Entwickelung derselben ist folgende:

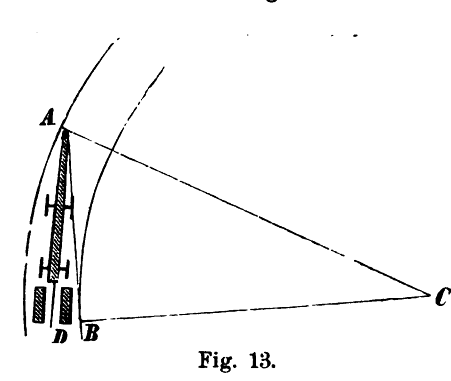


Fig. 13.

In Figur 13 ist Wagen und Ladung durch die Linie AD = AB dargestellt. Hier ist die Kurve so konstruiert, dass — wenn das Ende des Zuges die äussere Seite der Bahn berührt — die Spitze desselben noch in der Mitte des Weges hält und das Ganze hierbei eine gerade starre Linie bildet. Nach der Figur, in welcher $BC = R - \frac{B}{2}$, $AC = R + \frac{B}{2}$ und $AB = L$ ist, ergibt sich $BC^2 = AC^2 - AB^2$, woraus

$$\left(R - \frac{B}{2}\right)^2 = \left(R + \frac{B}{2}\right)^2 - L^2,$$

$$\text{oder } R^2 - BR + \frac{B^2}{4} = R^2 + BR + \frac{B^2}{4} - L^2$$

$$\text{oder } 2\,BR = L^2, \text{ sowie schliesslich } R = \frac{L^2}{2B} \text{ folgt.}$$

---

* Diese Formel findet sich mitgeteilt in Schubergs Waldwegebau. Berlin 1874, 1. Band S. 232. Dieselbe war uns früher nicht zu Gesicht

Ein Blick auf die Figur zeigt uns, dass in Wirklichkeit das Verhalten der Fuhrwerke ein weit elastischeres ist und dass man mit der Berechnung des Minimalhalbmessers nach dieser Formel auf zu grosse Dimensionen kommt, was zwar beim Betrieb sehr angenehm ist, aber bei dem Bau in der Regel und insbesondere im Gebirgsterrain eine wesentliche Verteuerung der Anlage zur Folge hat.

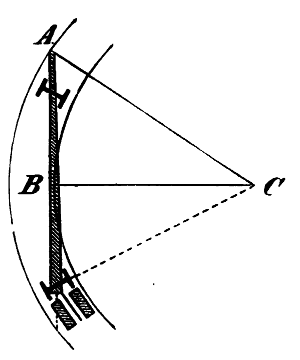


Fig. 14.

Endlich liesse sich noch eine solche Stellung des Wagens in der Wegkurve denken, wie sie durch Fig. 14 verdeutlicht ist. Hier würde $BC = R - \frac{B}{2}$, $AC = R + \frac{B}{2}$, $AB = \frac{L}{2}$ sein und es ergibt sich aus $CB^2 = AC^2 - AB^2$

$$\left(R - \frac{B}{2}\right)^2 = \left(R + \frac{B}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$R^2 - BR + \frac{B^2}{4} = R^2 + BR + \frac{B^2}{4} - \frac{L^2}{4}$$

$$2\,BR = \frac{L^2}{4},\ R = \frac{L^2}{8\,B}.$$

Offenbar ist bei dieser Stellung des Wagens eine ziemlich bedeutende Drehungsfähigkeit der Achsen vorausgesetzt; auch wird die Wegbreite durch das Gespann so vollständig in Anspruch genommen, dass neben demselben nicht einmal ein Fussgänger passieren könnte. Immerhin würde die Möglichkeit gegeben sein, dass mit einiger Unbequemlichkeit ein Langholzfuhrwerk in der vorausgesetzten Weise die Kurve benutzen könnte.

Wir empfehlen die Schuberg'sche Formel $R = \frac{L^2}{4\,B}$ als sehr zweckmässig und zu bequemen Kurven führend. In der bei Berechnung der Formel gezeichneten Figur 12 ist das

gekommen und wir irren wohl nicht, wenn wir dem inzwischen leider verstorbenen Oberforstrat Schuberg das Verdienst ihrer Auffindung beimessen.

Gespann als gerade Linie dargestellt; je mehr nun der Vorderwagen sich drehen lässt, um so mehr verkürzt sich diejenige Länge L, welche nach der äussersten noch zulässigen Berührung der Bahn bestimmt wird. Gestattet also der Wagen eine Drehung bis zu etwa 40 Grad, wie das auch bei Langholzfuhrwerk noch dann erreicht wird, wenn die mit der Ladung verbundene Lenkwiede durch Lockerung der Kette seitwärts gedreht werden kann, so dass die hintere Achse sich zur Länge des Wagens in einen entgegengesetzten Winkel setzt, wie die vordere Achse, sodann braucht man L nicht der Länge des Stammes samt Deichsel und Zugtieren gleich zu setzen, sondern es ist genügend, wenn L der Länge des längsten Stammes entspricht, wodurch sich ein entsprechend niedrigerer Minimalradius berechnet. Bei der Formel $R = \frac{L^2}{8\,B}$ würde L als die Länge des längsten Stammes samt Deichsel anzunehmen sein, jedoch würde für gewöhnlich die Anwendung dieser Formel nicht zu empfehlen sein, da derartige Kurven für den Verkehr sehr unbequem ausfallen müssen. Die Entwickelung zeigt aber, dass nötigenfalls auch unter das Mass von $\frac{L^2}{4\,B}$ bei Festsetzung des Minimalradius noch etwas herabgegangen werden kann. Vielleicht empfiehlt sich ein Grenzwert von $\frac{L^2}{6\,B}$. (Vgl. Gehrhardt in Allg. F. u. J.-Zeitung 1892, S. 109 ff. „Ermittelung der Minimalhalbmesser von Wegkurven für Langholztransport".)

Für die Bestimmung der Kurven-Minimalhalbmesser sind nun in den gegebenen Fällen die Dimensionen der gebräuchlichen Fuhrwerke, sowie der längsten Stämme, welche in der Kurve transportiert werden sollen, zu ermitteln und es ist hiernach die Rechnung zu führen.

Gewöhnliche Brennholzleiterwagen haben samt Deichsel resp. Bespannung eine Länge von 8 m; der anzulegende Weg soll eine Breite von 4 m erhalten. Hiernach berechnet sich für R eine Grösse von

$$\frac{8 \times 8}{16} = 4 \text{ m.}$$

Würde man nur 3 m Wegbreite haben, so müsste der Radius schon $\frac{8 \times 8}{12} = 5^1/_3$ m betragen.

Bei Langholzfuhren sei die Länge des längsten Stammes ausschliesslich Bespannung zu 25 m anzunehmen. Bei 4 m Wegbreite müsste die Kurve sodann einen Radius von $\frac{25 \times 25}{16} = 39$ m erhalten, der sich bei Verbreiterung des Weges in der Kurve bis auf 5 m auf $\frac{25 \times 25}{20} = 31$ m ermässigen würde.

Da reine Brennholzwirtschaften im Walde äusserst selten sind, hingegen fast allenthalben die Tendenz zum Nutzholzabsatz vorherrscht, so empfiehlt es sich, bei Bestimmung der Minimalradien nicht bei blosser Annahme von Brennholzfuhrwerk stehen zu bleiben.

B. Niederlegung der Kurvenpunkte im Terrain.

§ 24.

Für die Fixierung einer Bogenlinie auf dem Gelände ist es erforderlich, dieselbe in solchen kurzen Teilen festzulegen, dass jeder derartige kleinere Teil unbeschadet der Genauigkeit des Ausbaues als eine Gerade betrachtet werden kann und weitere Punkte ohne Umständlichkeit einzuschalten sind.

a) Bogen ohne im Voraus bestimmten Radius.

Bei Bogen von geringerer Bedeutung kann man in vielen Fällen sehr einfach verfahren, indem man die einzelnen Punkte nach dem Augenmass absteckt, wobei man sich mit einiger Übung leicht zurecht finden wird. Weiter kommen folgende Verfahrungsweisen in Betracht:

1. Auf flachem, nicht durch Holzbestand zu sehr verwachsenen Gelände kann man in der Weise operieren, dass man, wenn AC und BC der Figur 15 die geraden Richtungen der Wegelinie darstellen, in denjenigen Punkten a

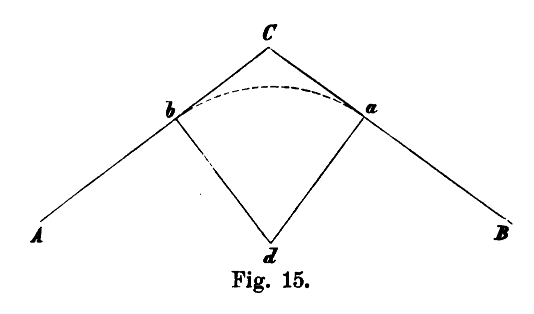


Fig. 15.

und b, wo die Bogenlinie von den Geraden abgehen soll, wobei aber bC = aC zu machen ist, Perpendikel errichtet, die sich in d schneiden; von d aus schlägt man mittelst Messband oder Leine einen Kreisbogen mit dem Radius b d oder a d und fixiert auf diese Weise den Verlauf der Kurve; in verwachsenem Terrain steckt man den Radius mehrfach durch den Holzbestand durch.

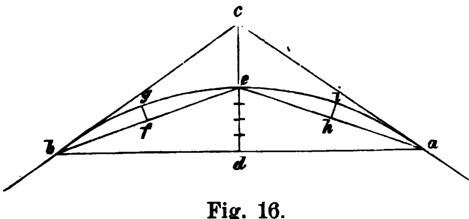


Fig. 16.

2. Ist es nicht möglich, den Mittelpunkt des Kreises in der Natur aufzusuchen, so kann man in folgender Weise verfahren. Man verbindet, nachdem b c = a c (Figur 16) abgemessen ist, die Punkte a und b, halbiert diese Linie in d und errichtet daselbst die Senkrechte d c. Dieselbe halbiert man wieder in e, zieht darauf b e und a e und errichtet in den Mitten dieser beiden Hülfslinien Perpendikel f g und h i, die gleich $^1/_4$ d e gemacht sind. Die 5 Punkte b g e i a liegen nun in der Kurvenlinie und bestimmen die letztere ziemlich genau. Wäre dies noch nicht genügend, so kann in der beschriebenen Weise fortgefahren werden, indem man die Geraden b g, g e, e i und i a zieht, in deren Mitte Perpendikel errichtet, die dem vierten Teil der Länge von f g, resp. h i gleich gemacht sind, wodurch man 4 neue Punkte der gesuchten Kurve erhält. Diese Methode nennt man die Viertelsmethode.

Die Annahme, dass die Scheitelhöhe c d behufs Aufsuchung des ersten Bogenpunktes gerade halbiert werden

müsse, ist eine willkürliche. Man erhält jedoch erfahrungsmässig auf diese Weise dann, wenn die Geraden b c und a c, an welche die Kurve bei a und b tangieren soll, unter einem stumpfen Winkel sich schneiden, ganz angemessene Bogenlinien, die allerdings nicht immer der Kreisform, sondern unter Umständen der Parabel- oder Ellipsenform angehören. Will man einen korrekten Kreisbogen haben, so muss die Höhe d e durch Rechnung gefunden werden.

Zu diesem Behuf denkt man sich den Bogen b e a (Figur 17) bereits gelegt und durch dessen Scheitel e gehend die Tangente f g. Letztere würde in e halbiert sein, sodass e f = e g. Da nun die Dreiecke m b f und m e f, sowie m e g und m a g kongruent sind, so ist auch bf = fe und ag = eg.

Nennen wir a b = s, b c = t, b f = fe = x, so ist

$$bd : bc = fe : fc$$

$$\frac{s}{2} : t = x : t - x$$

$$\frac{2xt}{2} = \frac{st}{2} - \frac{sx}{2}$$

$$x\,(2t + s) = st$$

$$x = \frac{st}{(2t + s)}.$$

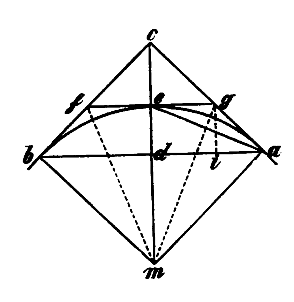


Fig. 17.

Durch Abmessen von bf und ag = x, Verbindung beider Punkte und Halbierung der Linie fg wäre somit der erste Bogenpunkt gefunden. Will man die Höhe de = h durch Rechnung bestimmen, so wäre in dem Dreieck aig, worin ig = h, $h^2 = x^2 - \left(\frac{s}{2} - x\right)^2$, woraus $h = \sqrt{x^2 - \left(\frac{s - 2x}{2}\right)^2}$

$$= \sqrt{x^2 \frac{- s^2 + 4 . xs - 4 x^2}{4}}$$

$$= {}^1/_2 \sqrt{4\,xs - s^2}.$$

Nun ist $x = \frac{st}{2t + s}$; dies eingesetzt ergibt:

$$h = {}^1/_2 \sqrt{\frac{4 s^2 t - 2 s^2 t - s^3}{2 t + s}}$$

$$= {}^1/_2 s \sqrt{\frac{2t - s}{2t + s}}$$

$$= {}^1/_2 s \sqrt{\frac{t - \frac{s}{2}}{t + \frac{s}{2}}}$$

Was nun die theoretische Begründung des Viertelns der Bogenhöhe h anlangt, so beruht dieses Verfahren auf folgender Betrachtung:

Es sei in Figur 17 a b die erste Sehne = s, d e die erste Bogenhöhe = h, so ist, wenn r den Radius des Kreises darstellt, im Dreieck m d a

$$r^2 = (r - h)^2 + \frac{s^2}{4}$$

$$2 rh = \frac{s^2}{4} + h^2$$

$$r = \frac{s^2}{8 h} + \frac{h}{2},$$ oder wenn der kleine Betrag $\frac{h}{2}$ fallen gelassen wird, $r = \frac{s^2}{8 h}$, also $h = \frac{s^2}{8 r}$.

Nun ist die zweite Sehne a e bei Kleinheit des Zentriwinkels annähernd = $^1/_2$ a b = $^1/_2$ s; die dazu gehörige Bogenhöhe h' ergibt sich mithin $= \frac{s^2}{4} : 8 r = \frac{s^2}{32 r}$, wonach h' dem 4. Teil von h $\left(\frac{s^2}{8r}\right)$ gleich wäre.*

3. Ist es untunlich, die Abschnitte auf beiden Schenkeln des Vereinigungswinkels gleich zu machen, was dann eintritt, wenn die Kurve hinsichtlich ihrer Endpunkte ganz bestimmt gegeben ist, so kann ein Kreisbogen nicht abgesteckt werden. Man konstruiert alsdann einen Parabelbogen auf folgende Art: Man teilt die Winkel D A B und D B A (Figur 18) in eine Anzahl gleicher Teile, verlängert die Teilungslinien sämtlich bis an die Schenkel und erhält dadurch eine Reihe

* Nach obiger Formel $r = \frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2}$ lässt sich in einem gegebenen Bogen leicht berechnen, welchem Radius derselbe entspricht.

von Schnittpunkten, die man in umgekehrter Reihenfolge numeriert. Bei Verbindung der Schnittpunkte, welche gleichen Nummern entsprechen, untereinander erhält man eine Reihe von Kurvenpunkten, deren Verbindung zu einem

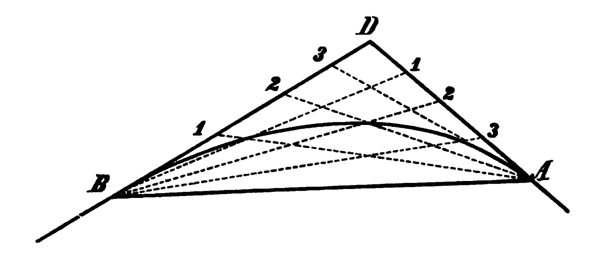


Fig. 18.

angemessenen Bogen führt. Nach diesem Verfahren würde man natürlich auch bei gleicher Länge der beiden Tangenten arbeiten können.

4. Weiter kann man sich auch noch der sog. Einrückungsmethode bedienen, welche darin besteht, dass man eine Gerade A B (Figur 19), an welche eine Bogenlinie bei B angeschlossen werden soll, um eine gewisse Grösse B C = x

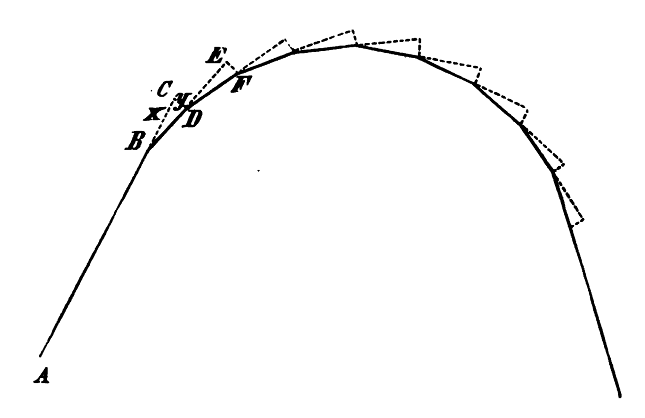


Fig. 19.

verlängert und in C eine Senkrechte C D = y errichtet, hierauf aber B D um x bis E verlängert und die Ordinate EF

= y konstruiert, auf diese Weise aber fortfährt, bis man an einen Punkt gelangt, von welchem aus man in die beabsichtigte Richtung mittelst einer an die letzte Bogenlinie anschliessenden Tangente übergeht. Nötigenfalls müssten die Ordinaten etwas verlängert oder verkürzt werden, damit der gewünschte Punkt erreicht wird.

Auf diese Methode werden wir sub b mit Bezugnahme auf die Aufgabe, eine Kurve von bestimmtem Radius zu beschreiben, zurückkommen.

Man wird die Ausführung der vorliegenden Aufgabe wesentlich einfacher gestalten, wenn man die Grösse des Radius annähernd einschätzt und sodann das Mass der Ordinate nach der noch zu schildernden Methode mit einiger Sicherheit bestimmt.

5. Mehrere Angaben zur Absteckung von Kurven mittelst besonderer Winkelinstrumente, in der Regel ohne Einhaltung eines gegebenen Radius enthält die Literatur. Der Vollständigkeit halber seien einige der bezüglichen Methoden kurz erwähnt.

Der bekannte Satz von der Gleicheit der Peripheriewinkel eines Kreissegments in Verbindung mit dem Gesetz, dass dieselben halb so gross sind als der zugehörige Zentriwinkel (bei dem Halbkreis also immer = R), lässt sich zur Bogenabsteckung verwenden. Will man über einer den Anfangs- und Endpunkt einer Kurve verbindenden Linie einen Halbkreis konstruieren, so braucht man nur in der ungefähren Richtung mit Hülfe des Winkelspiegels oder Winkelprismas fortzugehen und immer Punkte zu bestimmen, welche mit den gegebenen Endpunkten rechte Winkel darstellen, was, bei Mangel aller Längenmessungen, auf offenem, ebenem Gelände sehr schnell geht. Für andere Winkel als Rechte, die sich ergeben, wenn der Bogen nicht über einen Halbmesser, sondern einer Sehne aufzusuchen ist, hat Dr. O. Decher ein eigenes Instrument, die Prismentrommel, konstruiert, welches in der optischen Anstalt von Reinfelder & Hertel in München gebaut wird. Das betreffende Verfahren kann beim Wald-

wegebau kaum in Betracht kommen, weshalb wir auf diese Methode nicht eingehen. Wer sich für dieselbe interessiert, lasse sich von der genannten Firma einen Prospekt kommen.

Ein solches Verfahren unter Anwendung eines gewöhnlichen Winkelinstrumentes schildert Heyder im Forstwissensch. Zentralblatt 1902 S. 266 „Das Abstecken von Kreisbogenkurven ohne Längenmessung“.

Die Benutzung des angeführten Satzes hat Fischer zu dem Vorschlag geführt, durch Aussteckung von Strahlen, welche in beliebigen Winkeln von dem Bogenanfangspunkte aus zu der Tangente gebildet werden, deren Länge bis zu dem abzusteckenden Kreisbogen auf trigonometrischem Wege berechnet wird, die Kurvenpunkte festzulegen.

Dazu ist die Kenntnis der Tangentenlänge (vom Kurvenausgangspunkt bis zum Scheitel) oder der Länge der Kurvenspannweite (Sehne), sowie die Ermittelung des s. g. Komplementwinkels (d. h. Ergänzungswinkels des zwischen Sehne und Tangente befindlichen Winkels zu 1 R) erforderlich, worauf eine Ausrechnung der Strahlenlänge möglich wird.

Es sind zum Aufschlagen der Werte Tabellen verfasst, welche nebst einer das Verfahren darstellende Broschüre von dem Urheber desselben zu beziehen sind. Derselbe hat zur Durchführung ein eigenes Winkelmessinstrument (Universal-Kreiskurvenkonstruktor) konstruiert. (Näheres s. Zeitschr. f. F. u. J.-Wesen 1901 S. 674 ff. „Fischer, Zur Kurvenabsteckung mittelst Strahlenbestimmung und Ableitungen hieraus“, sowie Forstw. Zentralbl. 1901 S. 190 ff. „Dotzel, das Abstecken von Kreisbogenkurven mittelst Strahlenbestimmung“).

Das Verfahren ist sinnreich erdacht und für offenes Gelände beachtenswert. Im übrigen glauben wir, dass die Voraussetzung für die Anwendung, nämlich das feste Gegebensein der beiden Kurvenendpunkte, im Waldwegebau nicht gerade häufig vorliegt. Wir sind überhaupt der Ansicht, dass mit dem Einrückungsverfahren die vorkommenden Kurvenabsteckungen auch in den schwierigsten Fällen leicht und rasch erledigt werden können und halten jede Anwen-

dung von Winkelinstrumenten bei Lösung solcher Aufgaben für überflüssig.

b) Bogen mit bestimmtem Radius.

Ist es erforderlich, die Detailpunkte der Kurve unter Zugrundelegung eines bestimmten Radius zu bestimmen, so kommen folgende Methoden in Betracht:

1) Bei gegebener Richtung der beiden geraden Wegestrecken, welche mittelst einer Kurve verbunden werden sollen, müssen zunächst die Punkte bestimmt werden, bei welchen unter Zugrundelegung des gegebenen Halbmessers r die geraden Strecken an die Kurven tangieren werden. Treffen die beiden Geraden unter einem rechten Winkel zusammen, so ist auf jedem Schenkel genau die Länge des Radius abzumessen, um die Berührungspunkte der Kurven zu finden. Ist der Winkel kein rechter, so halbiert man denselben (G der Figur 20), steckt die Teilungslinie aus und errichtet nun von einer der Geraden aus eine Senkrechte, welche = r gemacht wird, z. B. DE; in E würde man wiederum eine Senkrechte auf DE errichten und diese bis zur Mittellinie verlängern = EC. Eine auf dem rechten Schenkel bei A errichtete Senkrechte AC wäre = r; in analoger Weise würde man den Punkt B bestimmen, die Bogenmitte würde sich durch Abmessung von CM = r finden. Weitere Bogenpunkte würden sich nun nach dem Verfahren sub a 1 oder 2 bestimmen lassen.

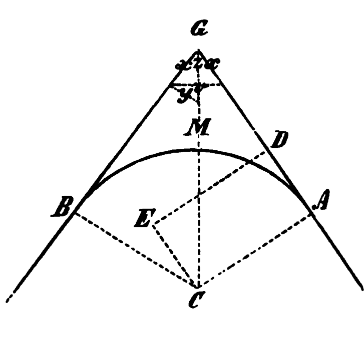


Fig. 20.

2) Mittelst Rechnung lassen sich die Entfernungen GB oder GA finden, wenn man nach Halbierung des Winkels G eine beliebige Strecke x auf dem einen Schenkel abmisst, die Senkrechte y bis zur Halbierungslinie errichtet und nun

das Mass für GB nach der Proportion GB : R = x : y berechnet, aus welcher sich ohne weiteres $GB = R \cdot \frac{x}{y}$ ergiebt.

Anstatt den Winkel bei G zu halbieren, kann man auch auf beiden Schenkeln desselben eine gleiche Grösse x abmessen, die Endpunkte verbinden und das Mass der Verbindungslinie festsetzen. Dasselbe sei = v, der Abstand zwischen der Linie v und dem Punkte G = z. Sodann ist $z^2 = x^2 - \frac{v^2}{4}$, also $z = \sqrt{x^2 - \frac{v^2}{4}}$. Nun verhält sich $\frac{v}{2} : z = R : GB$, oder $\frac{v}{2} : \sqrt{x^2 - \frac{v^2}{4}} = R : GB$, woraus folgt:

$$GB = \frac{2R}{v}\sqrt{x^2 - \frac{v^2}{4}}.*$$

3) Sind die Punkte A und B der Figur 21 nach dem Verfahren sub 1 oder 2 bestimmt, so kann man eine Anzahl Ordinaten auf der Sehne AB folgendermassen finden: Man halbiert AB in D und errichtet in D eine Senkrechte. AD teilt man in eine Anzahl n gleicher Teile. Um nun die Grösse h zu bestimmen, hat man

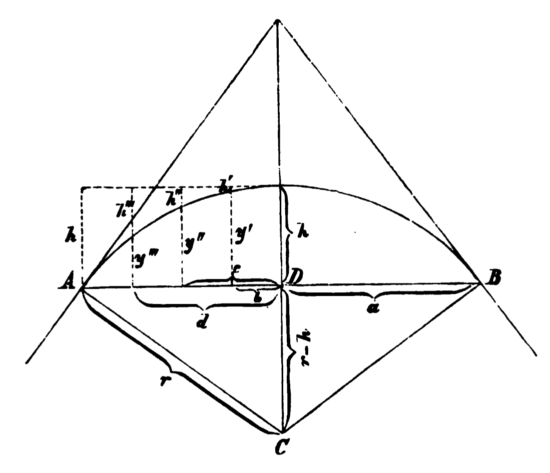


Fig. 21.

* S. Mühlhausen, Wegenetz etc. S. 27. Das erstere Verfahren zur Bestimmung von GB dürfte einfacher sein als die komplizierte Ausrechnung nach der zweiten Formel.

$$r^2 = a^2 + (r - h)^2$$
$$r - h = \sqrt{r^2 - a^2}$$
$$h = r - \sqrt{r^2 - a^2}.$$

Ebenso berechnet sich h′ aus $r^2 = b^2 + (r - h')^2$ zu der Grösse von $h' = r - \sqrt{r^2 - b^2}$ desgleichen

$$h'' = r - \sqrt{r^2 - c^2}$$
$$h''' = r - \sqrt{r^2 - d^2}.$$

Folglich finden sich die Grössen der zur Bestimmung der Kurvenpunkte erforderlichen Perpendikel y′, y″ und y‴ dadurch, dass man die Werte von h′, h″ und h‴ von der Grösse des ersten Perpendikels h in Abzug bringt. Diese Methode heisst die Sehnenmethode.*

4) Ist die Aufgabe gegeben, von dem Punkt B einer Geraden als Tangente (Fig. 22) mit einer daselbst anschliessenden Kreisbogenlinie von bestimmtem Radius eine Kurve zu konstruieren, so ist AB beliebig bis C zu verlängern. Die Grösse des daselbst zu errichtenden Perpendikels y, mit welchem man den nächsten Kurvenpunkt erreichen

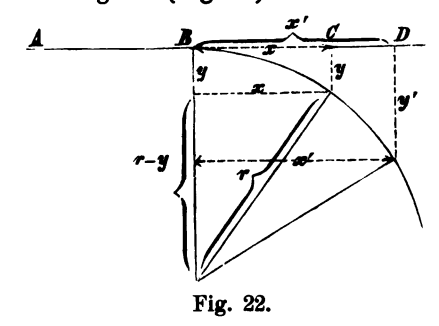


Fig. 22.

will, bestimmt sich aus der Grösse des Radius (r) und der Abscisse BC (x) nach folgender Rechnung:

$$r^2 = x^2 + (r - y)^2$$

Hiernach findet man

$$r - y = \sqrt{r^2 - x^2} \text{ und}$$
$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2}$$

In gleicher Weise würde man die Ordinate y′ des nächsten Kurvenpunktes aus der Abscisse x′ und dem Radius r zu

$$y' = r - \sqrt{r^2 - x'^2} \text{ finden u. s. w.}$$

Für das Aufschlagen der Werte von y ist ebenfalls die am Schluss dieses Paragraphen mitgeteilte Tabelle zu benutzen.

* Die am Schluss dieses Paragraphen beigefügte Tabelle lässt sich zum Aufsuchen der Werte von h ..... h′ benutzen.

5) Bei Waldwegebauten im Gebirge ist es ein oft eintretender Fall, dass steile Hänge, vorhandene Bergrücken oder Wasserläufe, die seither geschilderten Methoden der Niederlegung der Detailpunkte einer Kurve in das Gelände unmöglich machen, oder doch wesentlich erschweren. In diesem Fall führt die bereits erwähnte Einrückungsmethode leicht und sicher zum Ziel.

Es sei in Figur 23 an die gerade Wegestrecke AB eine Bogenlinie mit bestimmtem Radius anzuschliessen. Man verlängert AB über B hinaus um eine kürzere Strecke BE (= x). In E errichtet man eine Senkrechte EF = y, deren Grösse nach der vorstehend entwickelten Formel $y = r - \sqrt{r^2 - x^2}$ gefunden wird.

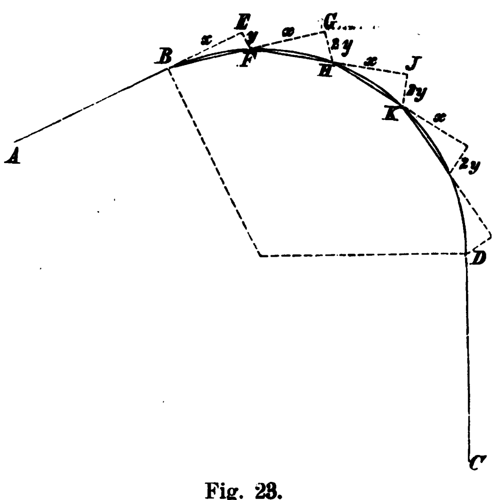


Fig. 23.

Hierauf wird BF um die Grösse x bis G verlängert und in G die Senkrechte GH = 2y errichtet. Ebenso verlängert man FH um x bis J, errichtet hier wiederum eine Senkrechte = 2y und bekommt so den Punkt K. Dieses Verfahren wird bis zu einem Punkt des Geländes fortgesetzt, von welchem aus man mittelst einer, an den letzten Teil des Bogens gut anschliessenden (tangierenden) Geraden diejenige Richtung einzuschlagen vermag, welche dem beabsichtigten weiteren Verlauf des Weges entspricht.

Diese Methode bietet für die Praxis die meisten Vorzüge. Die Absteckung der Linien findet nach ihr die wenigsten Hindernisse und die freieste Durchsicht, so dass die Messung weit bequemer ist, als bei der Sehnen- oder

Viertelsmethode, bei welcher man vorhandener Hindernisse halber öfters die Sehne ohne zeitraubende Hülfsoperationen gar nicht einmal durchstecken oder messen kann.

Es ist bei dieser Koordinatenmethode, wie wir oben gesehen haben, die 2. Senkrechte, welche man das Einrückungsperpendickel nennt, doppelt so gross genommen worden, als die Ordinate zu dem ersten Bogenpunkte. Es ist noch der Beweis zu führen, warum dies der Fall sein müsse. Nach

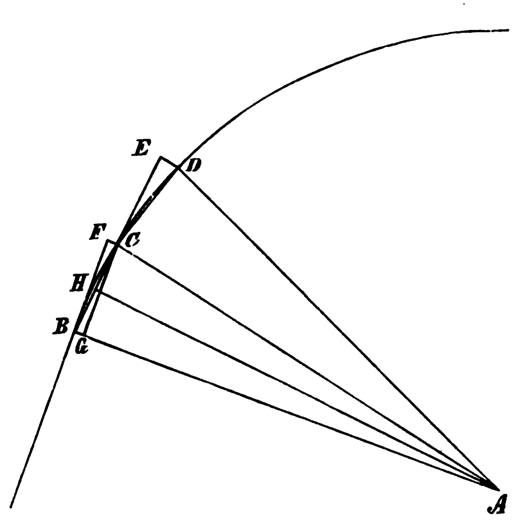


Fig. 24.

Figur 24 ist BF = CE, also auch annähernd BC = CD, mithin kann ∠ DCA = ∠ HCA gesetzt werden.

Nun ist ∠ ECA = ∠ CHA + ∠ CAH = 90^0 + ∠ CAH;
hiervon ∠ HCA = ∠ DCA = 90^0 − ∠ CAH

abgezogen, ergibt ∠ ECD = 2 ∠ CAH.

Nun ist △ CFB ∼ △ BHA, weil ∠ FCB = ∠ HBA und ∠ CFB, sowie ∠ BHA beide = 90^0, also ist ∠ FBC = ∠ BAH = ∠ CAH.

∠ ECD ist also doppelt so gross als ∠ FBC und da die Ordinaten FC und ED den Sinus entsprechen, insofern BC = CD angenommen wurde, da ferner bei kleinen Winkeln

wie sie hier vorliegen, sin $\alpha = 2 \times \sin {}^1/_2 \alpha$ angenommen werden kann, so folgt hieraus, dass auch ED doppelt so gross sein muss, als FC, d. h. das Einrückungsperpendikel ist gleich der doppelten Ordinate des ersten Bogenpunktes.

Dieser Satz gilt, wie die Beweisführung ergibt, um so mehr, je kleiner die Winkel FBC und ECD sind, welche naturgemäss mit Zunahme der Radien und Verkleinerung der Abscissen abnehmen müssen.

Übrigens lässt sich die Ordinate des ersten Bogenpunktes annähernd auch noch auf andere Weise berechnen. Ist nämlich in Fig. 25 die der Ordinate y entsprechende Tangente = x und s die dazugehörige Sehne, so ist nach einem bekannten Satz vom rechtwinkligen Dreieck $s^2 = 2R \cdot y$, woraus folgt $y = \frac{s^2}{2R}$. Bei grösseren Radien und kleinem x ist zwischen x und s kein erheblicher Unterschied, sodass auch $y = \frac{x^2}{2R}$ gesetzt werden könnte.

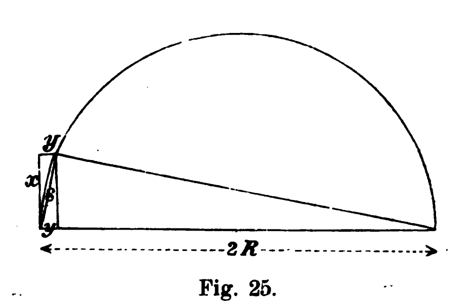


Fig. 25.

Um nun für die Praxis die Berechnung der Grösse der Ordinaten bei gegebener Länge der Abscissen und des Radius, den die Kurve erhalten soll, zu ersparen, teilen wir S. 84 und 85 eine Tabelle mit, aus welcher sich die betreffenden Grössen ohne weiteres entnehmen lassen.

Man kann auch so verfahren, dass man in Figur 26 AB um x verlängert, y rechtwinklig ansetzt und so den ersten Bogenpunkt C erhält, hierauf von B eine Sehne = 2x so absteckt, dass das Mass y, rechtwinklig in ihrer Mitte stehend, gerade bis C reicht, dann ist das Ende von 2x = D der zweite Bogenpunkt, BC und DC entsprechen der Sehne s in Fig. 25; in gleicher Weise dieses Verfahren fortsetzend, er-

Tabelle zur Absteckung von Kreisbögen mit bestimmtem Halbmesser. (Wenn der Halbmesser = r und die Abscissenlänge = a gegeben ist, so berechnet sich die Ordinate des ersten Bogenpunktes (b) = r — $\sqrt{r^2 - a^2}$ und das Einrückungsperpendikel ist = 2 b).

Bei r =	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
und Abscisse a =	ergeben sich die Ordinaten b =																
1	0,27	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2,00	0,76	0,54	0,42	0,34	0,29	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,13	—	—	—
3	—	3,00	1,35	1,00	0,80	0,68	0,58	0,52	0,46	0,42	0,38	0,35	0,33	0,30	0,28	0,27	0,25
4	—	—	4,00	2,00	1,53	1,26	1,07	0,94	0,84	0,75	0,69	0,63	0,58	0,54	0,51	0,48	0,45
5	—	—	—	5,00	2,68	2,10	1,76	1,52	1,34	1,20	1,09	1,00	0,92	0,86	0,81	0,75	0,71
6	—	—	—	—	6,00	3,61	2,71	2,29	2,00	1,78	1,61	1,47	1,35	1,25	1,17	1,09	1,03
7	—	—	—	—	—	7,00	4,13	3,24	2,86	2,52	2,25	2,05	1,88	1,73	1,61	1,51	1,42
8	—	—	—	—	—	—	8,00	4,88	4,00	3,45	3,06	2,75	2,51	2,31	2,14	2,00	1,88
9	—	—	—	—	—	—	—	9,00	5,64	4,68	4,06	3,62	3,28	3,00	2,77	2,58	2,41
10	—	—	—	—	—	—	—	—	10,00	6,42	5,37	4,69	4,20	3,82	3,51	3,25	3,03
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,00	7,20	6,07	5,34	4,80	4,38	4,04	3,75
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,00	8,00	6,79	6,00	5,42	4,96	4,58
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,00	8,80	7,52	6,67	6,05	5,55
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,00	9,62	8,25	7,36	6,69
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,00	10,43	9,00	8,05
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,00	11,26	9,75
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,00	12,08
18	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,00

Bei r =	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36	38	40	45	50
und Abscisse a =	ergeben sich die Ordinaten b =																		
3	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,43	0,40	0.38	0,37	0,35	0,34	0,32	0,31	0.30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,16
5	0,67	0,64	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48	0,47	0,45	0,43	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,28	0,25
6	0,97	0,92	0,88	0,83	0,80	0,76	0,73	0,70	0.68	0,65	0,63	0,61	0,57	0,53	0,50	0,48	0,45	0,40	0,36
7	1,34	1,27	1,20	1,14	1,09	1,04	1,00	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83	0,78	0,73	0,69	0,65	0.62	0,55	0,49
8	1,77	1.67	1,58	1,51	1,44	1,37	1,31	1,26	1,21	1,17	1,13	1,09	1,02	0,95	0,90	0,85	0,81	0,72	0,64
9	2,27	2,14	2,03	1,93	1,83	1,75	1,68	1,61	1,54	1,49	1,43	1,38	1,29	1,21	1,14	1,08	1,03	0,91	0,82
10	2,85	2,68	2,53	2,40	2,29	2,18	2,09	2,00	1,92	1,85	1,78	1,72	1,60	1,50	1,42	1,34	1,27	1,13	1,01
15	7,34	6,77	6,30	5,91	5,56	5,27	5,00	4,76	4,55	4,36	4,18	4,02	3,73	3,49	3,27	3,09	2,92	2,57	2,30
20	—	20,00	14,60	12,84	11,64	10,73	10,00	9,39	8,86	8,40	8,00	7,64	7,02	6,50	6,07	5,69	5,36	4,69	4,17
25	—	—	—	—	—	—	25,00	18,86	16,80	15,89	14,30	13,42	12,03	10,96	10,10	9,38	8,77	7,58	6,70
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,00	20,86	18,00	16,10	14,68	13,54	11,46	10,00
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,57	23,20	20,63	16,72	14.29
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40,00	24,88	20,00
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,00	28,21
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50,00

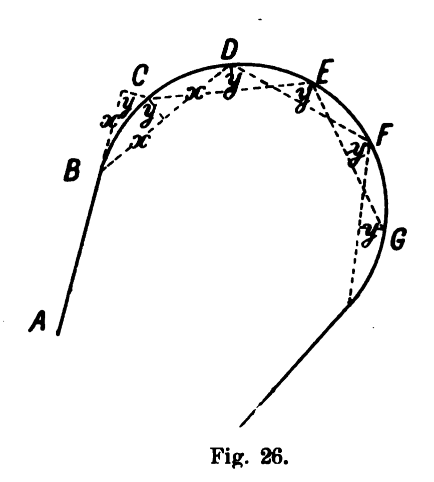


Fig. 26.

hält man die Bogenpunkte E, F, G u. s. w. Da bei diesem Verfahren die abzumessende Länge doppelt so gross ist wie bei dem Einrückungsverfahren der Figur 23, auch das Ansetzen des rechten Winkels im letzteren Fall einfacher ist, so ziehen wir im allgemeinen dasselbe vor, zumal man hierbei mit Hülfe von zwei Personen die Absteckung bewirken kann, während nach dem zweiten Verfahren deren mindestens drei tätig sein müssen.

C. Einige weitere Bemerkungen über Kurvenanlagen.

§ 25.

Je kleiner der Radius einer Kurve ist, um so mehr Aufmerksamkeit hat der Fuhrmann seinem Gefährt zu widmen, damit dasselbe gut herumkomme; es ist daher notwendig, dass das Gefälle in den Kurven nicht zu hoch sei und man hat bei Absteckung des Weges die nötige Sorgfalt darauf zu verwenden. Es ist bei Anlage von Gebirgswegen, welche mit dem Maximum des Gefälles abgesteckt werden, Regel, in den Kurven das Gefälle so zu ermässigen, dass es höchstens 4—5 % beträgt. Selbst wenn man bei Wegelinien höhere Prozentsätze anwenden will, welche bei Bergauffahrt Vorspann voraussetzen, so muss in Kurven, welche keinen ganz reichlichen Radius haben, doch schon deshalb das Gefälle ermässigt werden, weil innerhalb derselben das vordere Gespann keine Zugkraft ausüben kann, sondern leer vor dem Wagen geht. Am schwierigsten ist diese Absteckung der Kurven mit geringem Gefäll bei Anlage von solchen Bogen,

welche dazu dienen, zwei in spitzen Winkeln sich schneidende Wegelinien abzurunden. Ist z. B. in Figur 27 die gebrochene Wegelinie ABCDE mit einer fahrbaren Kurve von genügendem Radius auszurunden und haben die Linien BC und DC schon ein Gefälle von irgend erheblicher Grösse, dann würde eine Abrundung durch die Kurve BaD offenbar den Wegezug wesentlich verkürzen und dadurch das Gefälle auf dieser Richtung in solcher Weise steigern, dass die Kurve unbrauchbar würde. In diesem Falle empfiehlt sich eine Verlegung der Kurve in der Linie BbcdefD. Diese kurzen Windungen sind bei den in § 21 näher behandelten Widergängen in steilem Gelände oft nicht zu vermeiden. Ebenso kommen sie da zur Anwendung, wo man aus einem Talweg AB (Figur 28) in den Höhenweg BC übergeht, wenn der natürliche Verlauf des Tales zu steil wird, um die Fortführung des Weges mit normalem Gefälle in der Sohle desselben zu gestatten.

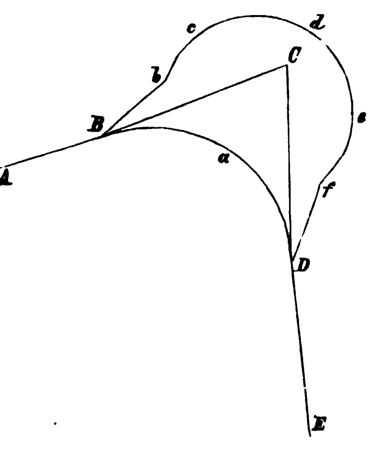


Fig. 27.

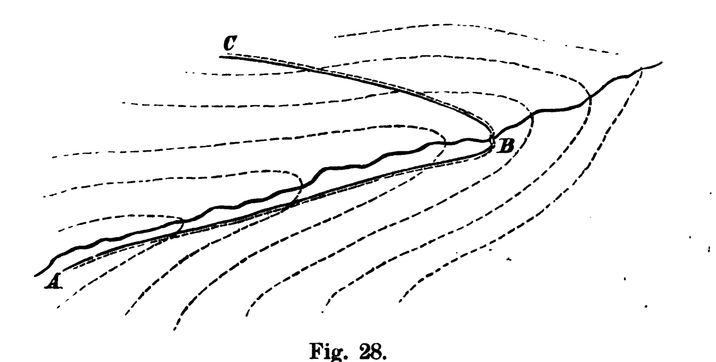


Fig. 28.

Eine Hauptregel muss es sein, alle solchen Kurven nach Möglichkeit auf flachere Abplattungen zu legen. Für den noch ungeübten Techniker empfiehlt es sich sehr, einen genauen Grundriss aufzunehmen und auf Grund desselben die Projektierung zunächst auf der Karte zu bewirken, sodann aber auf das Gelände zu übertragen.

Die gute Durchführung kurzer Bogenlinien erfordert beim Gebirgswegebau schon einige Übung und einen gewissen praktischen Blick. Bei zweckmässiger Anwendung giebt aber die Benutzung solcher Widergänge am ersten die Möglichkeit, grössere Höhen selbst auf kürzerer Basis ohne Überschreitung des Gefällemaximums zu erreichen.*

4. Kapitel.

Bezeichnung des Verlaufes der Wegelinien sowie der Wegeflächen.

§ 26.

Ist eine Wegelinie nach der in den bisherigen Paragraphen geschilderten Weise im Terrain niedergelegt worden, so muss die feste Bezeichnung derselben vorgenommen werden. Man wird deshalb die Absteckungspfähle gehörig befestigen und die Stationspunkte durch Kreuzgräbchen sicher markieren lassen. Ist der alsbaldige Ausbau des Weges nicht beab-

* Die Anlage s. g. Dreh- oder Wendeplatten, d. h. derjenigen Plätze, an welchen ein ankommender Wagen sich drehen soll, um in der Richtung, in welcher er ankam, wieder zurückfahren zu können, gehört insofern ebenfalls in das Gebiet der Kurvenlehre, als man bisweilen bei solchen Platten das sich drehende Geschirr einen Kreis beschreiben lassen will, wodurch das Umkehren sich am bequemsten gestaltet (Tellerkurve). Da jedoch meistens nur das Drehen eines leeren Wagens gefordert wird, so genügt eine Verbreiterung des Weges bis zu dem Mass der Länge des Wagens samt Deichsel. Der Wagen wird nun rechtwinklig zur ursprünglichen Längsrichtung gewendet und mit Seitwärtsschieben der Hinterräder gedreht. — Auch bei diesen Drehplatten ist auf die Auswahl von Punkten zu achten, welche in mässig steiler Abdachung liegen.

sichtigt, sondern können möglicher Weise noch Jahre darüber hingehen, ehe derselbe in Angriff genommen wird, so ist es in den meisten Fällen zweckmässig, die aufgesuchte Wegelinie dadurch zu fixieren, dass man in der Richtung derselben einen einfachen, kunstlosen Fussweg anlegt, welcher den festgestellten Verlauf am unzweifelhaftesten kenntlich macht. Auch genügt es wohl, von Zeit zu Zeit, vielleicht in Distanzen von 10 zu 10, bei geraden Linien von 20 zu 20 Meter kurze Grabenstücke auszuwerfen. Ebenso hat man die Herrichtung der ganzen Wegebahn in solchen kleineren Stücken empfohlen (s. g. Wegschablonen).

Wenn die Wegelinie der forstlichen Einteilung dienen soll, so wird dieselbe, auch wenn der Ausbau noch nicht unmittelbar bevorsteht, am besten sofort vom Holzbestand in der nötigen Breite, welche sich nach der beabsichtigten Wegebreite (mit Graben und Böschung) ergiebt, geräumt, damit die neu entstehenden Bestandsränder sich möglichst bald an die freie Stellung gewöhnen und noch eine selbständige Bewurzelung und Beastung erhalten.

Wenn tunlich, erscheint es uns auch vorteilhaft, auf allen Wegelinien, die nach erfolgter Absteckung sogleich ausgebaut werden sollen, alsbald den Holzbestand abzutreiben, bevor man die weiteren, noch näher zu beschreibenden Operationen vornimmt, welche dazu dienen sollen, uns in den Stand zu setzen, spezielle Bau- und Kostenanschläge zu entwerfen.

Das Mass der Breite des Holzabtriebs auf der Weg- und Böschungsfläche findet man für gewöhnlich, indem rechtwinklig auf die Wegmittellinie in einer, dem Gelände entsprechenden g e n e i g t e n (nicht horizontal gedachten) Linie ein Mass abgemessen wird, welches von der Wegbreite (einschliesslich Graben) darstellt:

a)	bei sanft geneigtem Terrain	(5—10°	oder bis 13 %)	das	1,2 fache
b)	„ lehn „ „	(11—20°	„ 14—17 %)	„	1,4 „
c)	„ steil „ „	(22—30°	„ 28—45 %)	„	2,0 „

(In der Ebene entspricht die Breite des Abtriebes selbstverständlich der Breite des Weges und der etwaigen Gräben).

Von demjenigen Punkt aus, an welchem das Niveau des Weges den Hang trifft, wird die Verteilung der angegebenen Länge teils nach oben, teils nach unten so bewirkt, wie die Wegebreite (mit Graben) vom fraglichen Punkte zum Teil aufwärts, zum Teil abwärts fällt. Sind Niveaupunkt und Stationspunkt des Wegs identisch, so wird, wenn kein Graben nötig, rechts und links je die Hälfte der Abmessung genommen, bei Graben auf der Bergseite das entsprechende Vielfache der halben Breite plus Graben nach oben, hingegen der halben Breite allein nach unten.

Die oben angegebenen Zahlen sind trigonometrisch nach dem Mass des mittleren Gefällwinkels ($7^1/_2{}^0$, 15^0, 25^0) berechnet; man kann sie auch graphisch durch Einzeichnung des Wegeprofils in Abdachungen von verschiedener Steigung ermitteln.

Es ist bei den gemachten Angaben einfache Böschung vorausgesetzt. In steinigem Boden mit steilerer Gestaltung der Bergböschung braucht nach oben entsprechend weniger gerechnet zu werden; in leichterem Boden, in welchem die Böschung flacher als 45^0 werden soll, muss nach oben und unten entsprechend mehr genommen werden.

5. Kapitel.

Feststellung des Längenprofils.

§ 27.

Nachdem eine Wegelinie in der bisher geschilderten Weise in das Terrain niedergelegt ist, handelt es sich darum, die weiteren Vorarbeiten zum Ausbau zu erledigen.

Wir haben gesehen, dass die Verbindung der mit dem Instrument aufgesuchten, das richtige Niveau des Weges angebenden Punkte nicht die Mittellinie desselben darstellt, indem die sich ergebende Linie in vielen Punkten noch einer Ausrundung bedarf. Diese Ausrundung durch seitliche Verschiebung der gefundenen Punkte hat im gebirgigen Terrain

stets eine Veränderung der Niveauhöhen zur Folge und es ist nun nötig, festzusetzen, wie hoch an den durch die vorgenommene Abrundung neu erhaltenen Stationspunkten ab- oder aufgetragen werden muss.*

In Fig. 29 sei die ursprünglich aufgesuchte Wegelinie durch die Punkte 1 — 2 — 3 — 10 dargestellt. Die Ausrundung der unschönen und für das Fuhrwerk unbequemen Ecken führt uns zu der Linie 1. 2'. 3'. 4. 5'. 6. 7'. 8'. 9'. 10. Ist die ursprüngliche Linie mit gleichem Gefälle abgesteckt, so muss die seitliche Verschiebung der Punkte 2, 3, 5, 7, 8 und 9 zu Punkten führen, deren Niveau von dem der ursprünglichen Stationspunkte abweicht.

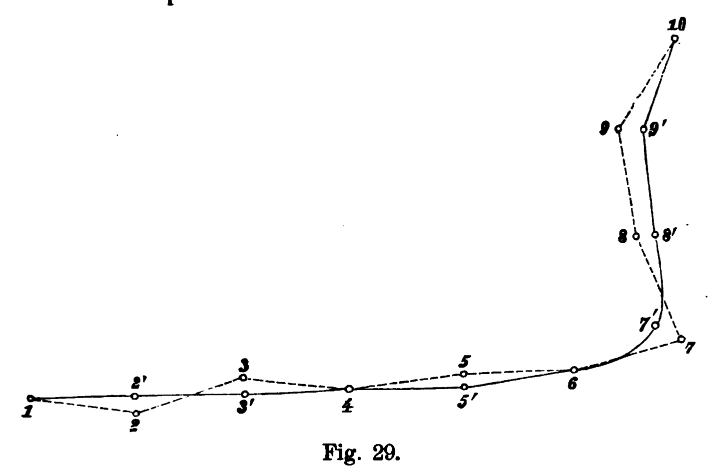


Fig. 29.

Man kann nun in vielen Fällen diese Abweichungen einfach durch die Visierkreuze festsetzen, indem man zwei derselben in festen Punkten aufstellt und das dritte nach diesen auf den Zwischenpunkten einvisiert, worauf man die Ab-

* Die Abrundung bewirkt man am sichersten nach geometrischer Aufnahme, welche durch vorherigen Abtrieb des Holzes erleichtert wird. Bei geringeren Abweichungen und Berichtigungen genügt auch eine Verlegung der Punkte nach dem Augenmass. Bei allen wichtigeren Wegeanlagen bildet jedoch die Aufnahme des Grundrisses die Regel, namentlich dann, wenn der Bau des Weges auf Grund einer genauen Berechnung der zu bearbeitenden Erdmassen erfolgt.

weichungen von der normalen Ziellinie einfach durch Abmessung erheben kann. Denselben Zweck erreicht man mit einem Höhenmesser, wie z. B. dem Spiegelhypsometer, indem man auf dem einen festen Punkt stehen bleibt, eine Ziellatte auf einem zweiten festen Punkt aufstellen lässt und nun auf den Zwischenpunkt eine zweite gleichhohe Latte einvisiert.* Bei wichtigeren Wegen ist jedoch die Aufnahme eines förmlichen Längenprofils nach der in Note 3 gegebenen Anleitung erforderlich. Aus dem Längenprofil greift man sodann mit Zirkel und Massstab die Differenzen zwischen der normalen Neigungslinie und derjenigen, welche die Verbindung der Höhen der veränderten Stationspunkte ergiebt, ab und erfährt auf diese Weise genau, wie viel an den betreffenden Punkten auf- oder abzutragen ist. In Tafel III geben wir ein solches Längenprofil in derjenigen Form, welche nach unseren Erfahrungen für die Praxis zweckmässig ist. Die gebrochene schraffierte Linie entspricht den Steigungsverhältnissen zwischen den aufgesuchten Stationspunkten. Behufs Ausgleichung zwischen Auftrag und Abtrag wird eine Linie gezogen, welche regelmässigem Gefälle entspricht und die hervorspringenden Ecken des konkreten Profils abschneidet, so dass die tieferen Stellen mit den Massen des Abtrags ausgefüllt werden können. Wegen Auflockerung der letzteren muss bei der Zeichnung der Profillinie des Weges darauf gesehen werden, dass mehr Fläche als Auftrag, wie als Abtrag erscheint. Die Wechsel des Gefälles sind angemessen abzurunden, so dass scharfe Übergänge vermieden werden.

Um den Abtrag gegenüber dem Auftrag auf der Zeichnung deutlich hervortreten zu lassen, legt man die Terrainlinie braun an, während dasjenige, was Auftrag werden soll, leicht mit Karmin koloriert wird.

---

* Über die Anwendung dieser Instrumente ist das Nötige in Note 3 des Anhanges mitgeteilt.

Stationsnummern	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ordinaten des Terrains	0,40	1,90	2,60	0,80	2,70	3,50	4,40	6,40	7,10	6,20	7,00	9,10	10,90	11,30

6. Kapitel.

Feststellung der Querprofile.

a) Aufnahme derselben.

§ 28.

Das Querprofil bezeichnet nach § 4 einen senkrechten Durchschnitt des Geländes, welcher auf dem Längenprofil rechtwinklig steht. In Figur 30 ist zu ersehen, in welcher Weise durch den Bau einer Weges das natürliche Querprofil des Geländes geändert wird. Der Zweck der Aufnahme dieser Querprofile ist der, dass man aus der graphischen Darstellung derselben die nötigen Anhalte gewinnen will, welche Körperinhalte von Erdmassen bei wirklicher

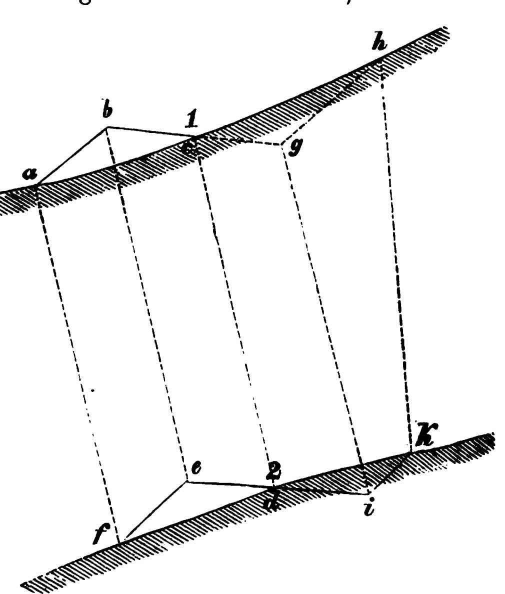


Fig. 30.

Ausführung der Bauten abgegraben und verbaut werden müssen, indem eine rationelle Veranschlagung der Kosten eines Wegbaues nur in der Weise zu ermöglichen ist, dass man die Akkorde auf Grund genauer Massenermittelungen abschliesst. In Figur 30 gibt das Prisma abcdef den Körperinhalt der zur Herstellung eines Weges von 1 nach 2 erforderlichen Erdanschüttung an, während der Körper cghkid die Masse des behufs Herstellung der Ebene cgid abzutragenden Materials darstellt.

Man hat nun bei Aufnahme der Querprofile den doppelten Zweck, erstens festzustellen, wie viel Erde abgegraben werden muss, um das Planum zu bekommen und zweitens aus dieser Masse zu berechnen, wie teuer die Herstellung zu stehen kommt, indem man sichere Erfahrungszahlen darüber besitzt, wie viel Arbeitszeit für das Losgraben und Verbauen einer Einheit (Kubikmeter) Erd- oder Gesteinsmasse von dieser oder jener Beschaffenheit erfordert wird, wonach man leicht bestimmen kann, was pro Einheit als Arbeitslohn zu veranschlagen ist, wenn man den ortsüblichen Lohnsatz eines Handarbeiters zu Grunde legt. Die Aufnahme der Querprofile erfolgt mittelst Libelle und einer Latte, sowie eines in Meter und Zentimeter geteilten Masses. Man stellt in dem Stationspunkt, von welchem die Darstellung eines Gelände-Durchschnitts gemacht werden soll, beispielsweise in Punkt 1 der Figur 31 das Mass senkrecht auf, legt rechtwinklig an dasselbe eine Latte von bestimmter Länge und auf diese Latte eine Libelle oder eine Setzwage mit dem

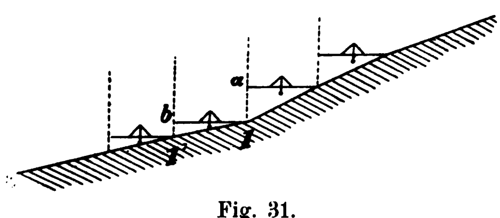


Fig. 31.

bekannten Lot, um dadurch die horizontale Lage der Latte zu erhalten. Da wo die eben liegende Latte den Massstab schneidet, liest man die Höhe von 1 nach a ab. — Ebenso verfährt man an dem Punkt 1′, indem man hier die Höhe 1′ b ermittelt u. s. w. Die Aufnahme der Querprofile mittelst eines Nivellierinstrumentes empfiehlt sich bei den einfachen Verhältnissen des Waldwegebaues in der Regel nicht.

In den meisten Fällen genügt in regelmässigem Berggelände die Aufnahme der Querprofile in der Breite von 4 Meter; ist das Terrain jedoch von unregelmässigem Verlauf, so ist die Aufnahme derselben mittelst weiter ausgedehnter Profile erforderlich, namentlich dann, wenn voraussichtlich

bei der definitiven Festsetzung der Linie noch etwaige Seitwärtsschiebungen der Stationspunkte zu erwarten sind.

Bei regelmässigem Verlauf wird durch Annahme konstanter Breiten, die wir zu 2 m für zweckmässig und meist ausreichend halten, die Arbeit gefördert. In schwierigen Fällen, bei der Nähe von Gewässern, in felsigem Terrain etc. müssen jedoch öfters auch geringere Breiten angenommen werden, damit man ein der Wirklichkeit entsprechendes Bild des Geländedurchschnitts erhält.

Die Aufnahme dieser Querprofile ist in einfachen Verhältnissen eine, von Hülfsarbeitern bei einiger Anleitung leicht auszuführende Operation.

Die schriftliche Darstellung der abgenommenen Masse im Freien muss mit Pünktlichkeit erfolgen, damit bei nachfolgendem Auftrag der Querprofile über die Dimensionen kein Zweifel obwalte, auch die rechte und linke Seite des Terrains nicht etwa verwechselt werde.

Einfach und sicher ist die durch Figur 32 verdeutlichte Manier:

Hier bedeuten die Nummerzahlen die Stationspunkte; die Breiten der Profile werden nur dann bezeichnet, wenn sie der konstanten Dimension (z. B. 2 m) nicht entsprechen. In normalen Verhältnissen wie bei Nr. 1 wird nur die Höhe durch eingeschriebene Zahlen angegeben. Man beachte, dass die Darstellung auf dem Papier so erfolgt, dass man die Profile vor sich sieht, wie man in Wirklichkeit dieselben

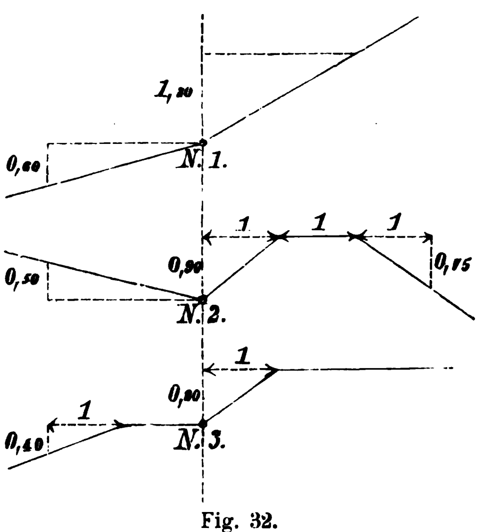


Fig. 32.

vor Augen gehabt hat. Bei der Aufzeichnung stelle man sich so, dass man bei jedem Profil nach derselben Richtung, am besten vorwärts sieht.

Die Querprofile werden im Zimmer nach einem grösseren Massstab, etwa 1 : 100, mit Zirkel und Lineal aufgezeichnet. Hierbei zieht man auf dem Papier zweckmässig zunächst ein Netz von Hülfslinien, die sich unter rechten Winkeln schneiden; senkrecht und parallel mit dem Rande des Papiers werden die Linien angegeben, welche den Zahlen der Abmessung entsprechen und rechtwinklig von wagerechten Linien geschnitten werden, welche man sich durch die Höhe der Stationspunkte gehend denkt. Zweckmässig ist die Anwendung quadrierten Papiers (sog. Millimeterpapier).

b) Einzeichnung des normalen Wegeprofiles in die Querprofile.

§ 29.

Zur Darstellung des Normalquerprofils des zu erbauenden Weges in die aufgezeichneten Querschnitte des Geländes bedient man sich einer Schablone von schwacher Pappe. Man zieht auf einem Stückchen solcher Pappe zwei sich rechtwinklig in c schneidende Linien (Fig. 33). Die beabsichtigte Wegbreite inkl. Graben greift man auf dem Massstab der Querprofile ab und trägt dieselbe halb rechts und halb links von c auf der wagerechten Linie bis a und b auf. Soll nun der Weg eine einfache Böschung (s. § 4 Fig. 2) erhalten, so verlängert man ac noch um ein beliebiges Stück ad, errichtet in d die Senkrechte de = ad und zieht ae, welche Linie beliebig verlängert wird. In gleicher Weise wird auf der rechten Seite die Linie bg gezogen. Sodann schneidet man die Pappe in der Linie eabg scharf aus und erhält auf diese Weise eine Schablone, welche den Querschnitt des beabsichtigten Weges genau darstellt.

Diese Schablone wird an sämtliche aufgezeichnete Querprofile angelegt, indem man a b genau in die Höhe der Weg-

krone bringt und nun scharf an den Konturen der Schablone mit Blei die Umrisse derselben zeichnet, wodurch man schnell und sicher die konkreten Querprofile des Geländes mit den normalen des Projektes in Verbindung bringt. Um die Linie a b der Schablone in der Niveauhöhe des

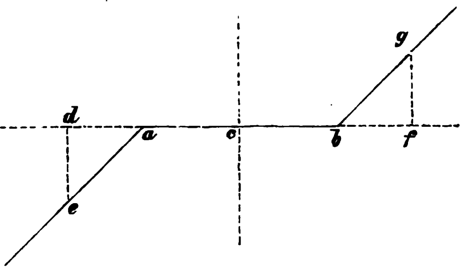


Fig. 33.

Wegemittenpunktes anlegen zu können, ist es, wenn die Aufnahme des Längenprofils ergeben hat, dass Auf- oder Abtrag an dem betreffenden Punkte stattfindet, erforderlich, das Mass desselben in dem Masstab des Querprofiles auf letzteres aufzutragen. Kommt ein Profil ganz in Abtrag zu liegen, so ist die Anlage zweier Seitengräben nötig, sodass die in der Schablone angenommene Wegebreite plus einem Graben nicht genügt, sondern eine sich von selbst ergebende grössere Kronenbreite eingezeichnet werden muss.

Eine Reihe vollständig ausgeführter Querprofile zeigt die auf nächster Seite folgende Figur 34.

Es ist nun der Flächeninhalt der Auf- und Abtragsflächen zu bestimmen. Dies geschieht dadurch, dass man die Querprofile in Hülfsfiguren, meist Dreiecke und Trapeze einteilt und die zur Berechnung derselben nötigen Dimensionen mit dem Zirkel auf dem verjüngten Massstab abgreift.

Die Profile etwaiger Seitengräben zeichnet man zweckmässig nicht in die Schablone ein, sondern man deutet die Kontur auf der Zeichnung nur leicht an und berechnet die betreffende Fläche ein für allemal. Ist z. B. ein Seitengraben von 1 m Breite, 0,30 m Sohlenbreite und 0,35 m Höhe in Aussicht genommen, so wird das Grabenprofil $\frac{0{,}35 \,.\, 1{,}30}{2}$ $= 0{,}23 \;\square$ m betragen, welche der Abtragsfläche allemal zugeschlagen werden, wogegen bei Doppelgräben 0,46 □ m anzusetzen sind.

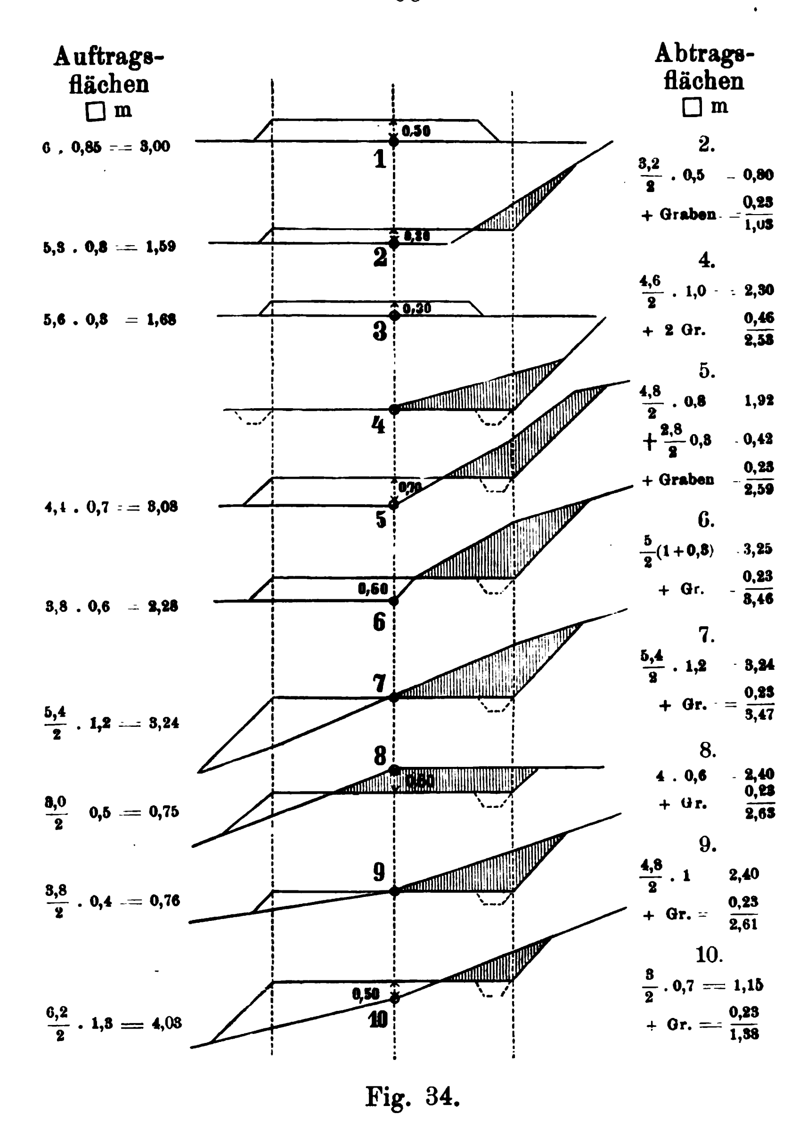

Auftrags-
flächen
□ m
6 . 0,85 = 3,00
5,3 . 0,3 = 1,59
5,6 . 0,3 = 1,68
4,4 . 0,7 = 3,08
3,8 . 0,6 = 2,28
5,4/2 . 1,2 = 3,24
3,0/2 0,5 = 0,75
3,8/2 . 0,4 = 0,76
6,2/2 . 1,3 = 4,03
Abtrags-
flächen
□ m
2.
3,2/2 . 0,5 = 0,80
+ Graben = 0,23
1,03
4.
4,6/2 . 1,0 = 2,30
+ 2 Gr. 0,46
2,53
5.
4,8/2 . 0,8 1,92
+ 2,8/2 0,3 0,42
+ Graben 0,23
2,59
6.
5/2(1 + 0,3) 3,25
+ Gr. 0,23
3,46
7.
5,4/2 . 1,2 3,24
+ Gr. = 0,23
3,47
8.
4 . 0,6 2,40
+ Gr. 0,23
2,63
9.
4,8/2 . 1 2,40
+ Gr. = 0,23
2,61
10.
3/2 . 0,7 = 1,15
+ Gr. = 0,23
1,38
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
0,50
0,30
0,60
0,50

Fig. 34.

7. Kapitel.

Massenberechnung und Ausgleichung von Ab- und Auftrag.

a) Berechnung des Kubikinhaltes der Auf- und Abtragskörper.

§ 30.

Die gewöhnlich bei Berechnung der Erdmassen für Wegebauveranschlagung vorkommenden Körper sind das Prisma, der Keil und die abgestumpfte Pyramide. In § 28 sind als Beispiel unter Bezugnahme auf Figur 30 das Prisma, sowie die abgestumpfte Pyramide als Auf- oder Abtragskörper dargestellt.

Tritt der Fall ein, dass das eine Querprofil ganz Abtrag, das andere aber ganz Auftrag ist, dann erhalten wir durch Verbindung der korrespondierenden Punkte nach Figur 35 zwei keilförmige Körper ABCDEF und GHJKFE, von denen der eine nur Auftrag, der andere nur Abtrag ist.

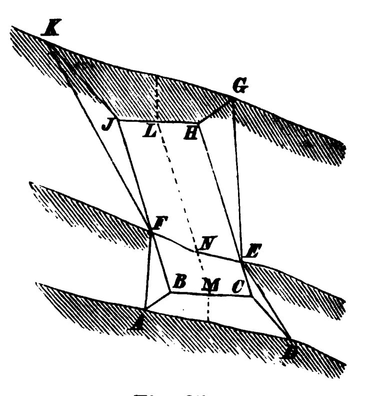


Fig. 35.

Die mathematisch genaue Berechnung dieser Körper ist nicht schwierig, würde aber bei ausgedehnten Wegebauarbeiten infolge der grösseren Menge der zu berechnenden Körper doch etwas zeitraubend und umständlich sein. Man ist daher um so mehr dahin gelangt, sich mit summarischen Berechnungsmethoden zu begnügen, als die in den Zeichnungen als gerade Linien angenommenen Geländeformen in Wirklichkeit doch nicht genau diesen geraden Linien entsprechen und mithin eine umständliche Berechnungsweise unmotiviert erscheint, weil sie der Voraussetzung, dass ihre Unterlagen völlig genau seien, entbehrt.

Man wendet daher in der Praxis allgemein das vollkommen ausreichende Verfahren an, welches darin besteht, dass man einfach das arithmetische Mittel zwischen zwei Querprofilen annimmt und zur Ermittelung des betreffenden Körperinhaltes dasselbe mit der Stationslänge multipliziert. Einer besonderen Erwähnung bedarf noch der Fall, in welchem das eine Querprofil im Abtrag, das andere im Auftrag liegt. Hier bildet sich die Linie FE (Fig. 35), welche die obere Kante sowohl des einen, als auch des anderen Körpers darstellt und man nennt diese Linie die Durchgangslinie, den betreffenden Punkt der Strassenachse aber den Durchgangspunkt. Es ist nun die Entfernung dieses Durchgangspunktes von den Stationspunkten zu ermitteln, was einfach aus der Zeichnung des Längenprofiles geschieht. Ist z. B. nach Figur 35 die Stationslänge 20 Meter, bei Punkt L 4 Meter Abtrag, bei M hingegen 2 Meter Auftrag, so stellt sich der Durchschnittspunkt in dem Längenschnitt der Wegeachse in Figur 36 bei N dar.

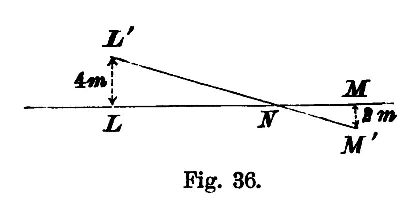


Fig. 36.

Man greift nun die Entfernungen NM und NL mit dem Zirkel ab und berechnet die beiden in Frage kommenden Körper ABCDEF und GKJKFE als halbe Prismen.

Um die Berechnung der Erdmassen vorzunehmen, bedient man sich folgender tabellarischer Form der Aufzeichnung:

Station No.	Länge.	Querprofile.		Summe der Querprofile.		Kubik-Inhalt.		Bemerkungen.
		Auftrag.	Abtrag.	Auftr.	Abtr.	Auftr.	Abtr.	
	m	□m		□m		Kbm		

Sehr empfehlenswert ist es, die Stationen in der Regel 20 m lang zu machen. Für die Berechnung der Erdmassen bedarf es dann nur einer Summierung der Querprofile und Verrückung des Kommas um eine Stelle rechts, was der Multiplikation mit 20 und Halbierung des Resultates gleichkommt.*

b) Ausgleichung zwischen Abtrag und Auftrag.

α. *Im Allgemeinen.*

§ 31.

Schmiegt sich die Wegelinie dem Terrain ziemlich genau an und wechseln namentlich in letzterem nicht scharfe Vorsprünge mit Geländeeinbiegungen, so dass das Längenprofil wenig Hebungen und Senkungen an den Stationspunkten nachweist, so wird es in den meisten Fällen sich von selbst ergeben, dass man die eine Hälfte des Wegeplanums in den Abtrag und die andere in den Auftrag legt, so dass die abzugrabende Erde sich mit dem Raum des aufzubauenden Teiles vom Planum ausgleicht. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass der abgegrabene Boden in aufgelockertem Zustand einen grösseren Raum einnimmt, als der Kubikinhalt

* Für die Berechnung der Profilflächen sind auch besondere Hülfstafeln (von Eduard Heyer, sowie von Grundner) verfasst worden (vergl. Literaturangabe S. 4). Da man mittelst Aufzeichnung der Querprofile ein sehr wertvolles Bild derselben erhält, welches beim Bau und dessen Kontrolle, insbesondere bei Errichtung der später zu beschreibenden Lattengestelle recht nützliche Dienste leistet, da ferner die Zeichnung und Berechnung der Profile eine, auch von Hülfskräften auszuführende leichte Arbeit ist, so sind wir der Ansicht, dass diese Methode ihre Berechtigung vorerst nicht verlieren dürfte. Übrigens lassen sich für rasche Veranschlagung der Baukosten die Profile des Abtrags leicht feststellen, indem man im Voraus für die gewöhnlichen Terrainabdachungen sich Profile zeichnet und nach Einzeichnung des Normalprofils die Querflächen des Abtrags ermittelt, demnächst aber von der zu veranschlagenden Linie streckenweise die durchschnittliche Abdachung ermittelt und die derselben entsprechende Abtragsfläche der Berechnung zu Grunde liegt.



desselben in festem Zustand beträgt. Diese Vergrösserung des Volumens ist verschieden, je nach der Natur des Bodens. Am grössten ist sie bei gesprengten Felsmassen und Gerölle, sodann kommt in der Reihenfolge schwerer toniger Boden, dann Lehm und am wenigsten vergrössert sich das Volumen bei leichtem Sandboden; es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der aufgelockerte Boden, wenn er einige Zeit der Luft und dem Wetter ausgesetzt war, sich wieder setzt. Nach mannigfachen Erfahrungen aus der Praxis kann man annehmen, dass in leichtem Sandboden die Volumenvergrösserung der abgegrabenen Massen zu 3%, Lehm zu 6, in Ton zu 10—15 und bei Felsen zu 20—25% anzunehmen ist.

Wegen jener Eigenschaft des späteren Setzens der aufgelockerten Bodenarten muss jedoch die Herstellung der Dämme so bemessen werden, dass man entsprechend höher auftragen lässt, als eigentlich das Projekt besagt, damit nach dem Setzen die normalen Dimensionen erscheinen. In Zweifelsfällen nehme man den höheren Prozentsatz der Auflockerung an. Geht es dann mit Auffüllung der Auftragskörper etwas knapp her, so sind die Arbeiter um so mehr genötigt, die Abtragsböschungen flach abzuarbeiten, wodurch dieselben an Standhaftigkeit gewinnen.

Es ist einleuchtend, dass es das Ideal sein müsse, bei Veranschlagung der Wegebauten so zu verfahren, dass nicht mehr Material abgegraben wird, als zur Herstellung des Auftragkörpers zu verwenden ist; jeder Überschuss ist Verlust an Arbeit und meistens auch an Terrain, etwaiger Mangel hingegen führt zu der Verlegenheit, dass man öfters besondere Anstalten treffen muss, um die fehlenden Massen beizuschaffen.

Nachdem die Berechnung der Kubikmassen, welche wir im § 30 geschildert haben, durchgeführt ist, können wir beurteilen, wie sich in dem Projekt das Verhältnis des vorhandenen Abtragmateriales zu dem kubischen Inhalt des nötigen Auftragkörpers verhält.

Zur Herstellung der erforderlichen Übereinstimmung zwischen demjenigen Material, welches abgegraben wird und

denjenigen Räumen, welche auszufüllen sind, werden verschiedene Wege eingeschlagen.

β. Ausgleichung durch Hebung oder Senkung des Längenprofils.

§ 32.

Der Betrag des Überschusses oder Mangels, welcher sich innerhalb einiger Stationen bei der erstmaligen Berechnung der Erdmassen ergeben hat, wird durch die Fläche des Baugeländes, welche man aus der Länge, multipliziert mit der Breite des Weges erhält, dividiert. Der gefundene Betrag giebt an, um welche Grösse die Niveaulinie des Weges gehoben oder gesenkt werden muss. Wären z. B. in einer Wegestrecke von 110 Meter 44 Kubikmeter Erdmasse mehr berechnet, als nach den aufgenommenen Querprofilen zu verbauen nötig sind, wäre ferner die Wegbreite zu 4 Meter angenommen, so wird mit 4 $\times$ 110 in jenen Abtragsüberschuss von 44 Kubikmeter dividiert, das Resultat ist 0,10 Meter und um diesen Betrag wäre die ganze Wegelinie zu heben, wodurch entsprechend weniger tief abgetragen und dagegen höher aufgetragen werden müsste.

Eine solche durchgehend parallele Hebung oder Senkung würde, wenn die gefundene Differenz zwischen Auftrag und Abtrag eine erhebliche ist, das angenommene Längenprofil in den beiden Endpunkten wieder so verschieben, dass dadurch die planmässige Lage der Wegelinie zu leiden haben müsste, was meist nicht zulässig sein würde.

Man hat deshalb noch eine andere Methode in Anwendung gebracht, welche darin besteht, dass man nicht die ganze Linie gleichmässig hebt oder senkt, sondern den einen oder den anderen, oder auch beide Endpunkte festhält und das Längenprofil anderweitig entsprechend verändert. Wenn bei der parallelen Veränderung der Baufläche der zu beseitigende Überschuss an Auftrag oder Abtrag als ein Parallelepipedon gedacht wird, so wird bei Festhaltung des einen Endpunktes der fragliche Körper die Hälfte eines solchen darstellen; es

ist also einleuchtend, dass sodann die Hebung oder Senkung an dem zu verändernden Endpunkt gerade das Doppelte des bei paralleler Verschiebung ermittelten Betrages darstellen muss. Zur Ermittelung der Grösse der nunmehr nötigen Hebung oder Senkung ist es erforderlich, mit der Baufläche, also Länge × Breite, in das Doppelte des Differenzkörpers zu dividieren. Wenn wir an dem oben angeführten Beispiel festhalten, so muss demnach der Anfangs- oder Endpunkt der Wegestrecke, bei welcher es sich um Massenausgleichung handelt, um 20 Zentimeter höher gelegt werden.

Ebenso gut wie den Endpunkt, kann man jedoch auch einen beliebigen innerhalb der zu korrigierenden Strecke gelegenen anderen Stationspunkt auswählen, dessen Höhe um jenen Betrag zu verändern ist.

Offenbar handelt es sich um die Frage, ob in allen drei Fällen der zu beseitigende Körper von einerlei Kubikinhalt ist.

Nach Figur 37 wird dieses aber der Fall sein. Stellt hier jedesmal AB das Längenprofil dar, welches zu 110 Meter Länge angenommen ist, und ferner BB′ in allen drei Fällen die zu 4 Meter gesetzte Wegebreite, so ist die Grundfläche eines jeden der drei Körper = 440 □m. Diese wird im ersten Fall mit 0,10 multipliziert, wodurch ein Kubikinhalt von 44 Kubikmeter, als der angenommenen Differenz zwischen Auftrag und Abtrag resultiert; bei den letzten Fällen wird hingegen behufs kubischer Berechnung des in Frage kommenden Körpers die Grundfläche mit 0,20 multi-

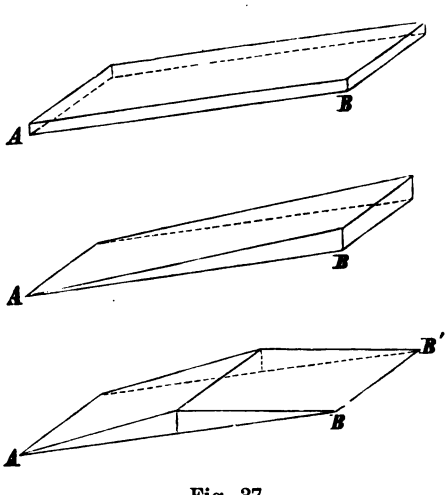


Fig. 37.

pliziert und das Resultat halbiert, was ganz dasselbe Resultat ergibt, wie in dem ersten Falle.

In der Praxis pflegt man so zu verfahren, dass man die Querprofile zunächst nur mit Bleilinien zeichnet und berechnet, sodann aber bei eingetretener Differenz auf Grund des veränderten Längenprofils ganz neue Querprofile zeichnet, deren Inhalt von frischem berechnet werden muss, worauf man die in der Regel nunmehr richtigen Profile mit Tusche auszieht. Diese Methode der Ausgleichung mittelst Hebung oder Senkung ist nicht zu umgehen, wenn wegen Beschränktheit des Terrains die Wegerichtung so bestimmt gegeben ist, dass eine seitliche Ausbiegung unstatthaft erscheint, z. B. dann, wenn der fragliche Weg auf einer Grenze oder längs eines Gewässers liegt; ferner wenn eine bereits vorhandene Linie zu regulieren, eine Schneisse auszubauen ist, u. dergl.

γ. Ausgleichung zwischen Auftrag und Abtrag durch seitliche Verschiebung der Wegelinie.

§ 33.

Die notwendige Beseitigung des Abtragsüberschusses oder Auftragsmangels, welcher sich bei der erstmaligen Berechnung der Querprofile bezw. der Erdmassen ergeben hat, lässt sich im Gebirge, an Hängen durch eine seitliche Verschiebung der ursprünglich gewählten Wegmittellinie mit Beibehaltung des angenommenen Längenprofils öfters mit grossem Vorteil bewirken, indem sie gestattet, vorhandene Bogenlinien besser auszurunden und zweckmässiger zu gestalten. Zur Ermittelung desjenigen Betrages, um welchen behufs Ausgleichung der vorhandenen Differenz zwischen Auftrags- und Abtragskörper die Wegmittellinie seitlich zu verschieben ist, dient die folgende Auseinandersetzung, bei welcher wir Schubergs Waldwegebau S. 290 folgen:

In dem Querprofil ABCDE der Figur 38 habe sich die Fläche des Auftrages gegenüber dem Abtrag zu gross ergeben und es solle dies Missverhältnis dadurch beseitigt werden,

dass die Wegkrone entsprechend weiter nach der Bergseite zurückgelegt wird. Gesetzt, dies geschehe durch ein neu ge-

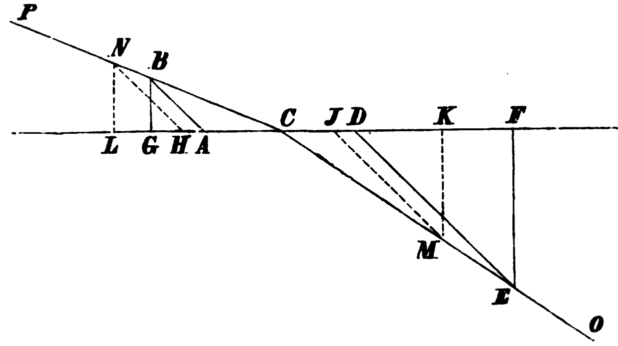


Fig. 38.

zeichnetes Profil NHCJM, so ist die Frage, wie gross die Strecke HA resp. JD zu nehmen ist.

Es sei der Betrag HA = JD = x, die halbe Wegebreite sei = b, die Höhe BG = h und EF = H.

Nun ist verlangt, dass △ CJM = △ CHN, oder $\frac{CJ}{2} . KM = \frac{HC}{2} . NL$ werden soll.

Es verhält sich aber BG : AC = NL : HC, ebenso EF : KM = CD : CJ. Hieraus folgt $NL = \frac{BG \times HC}{AC}$ und $KM = \frac{EF . CJ}{CD}$ oder $NL = h . \frac{b+x}{b}$, $KM = H . \frac{b-x}{b}$.

Diese Werte in die oben angesetzte Gleichung $\frac{CJ}{2} . KM = \frac{HC}{2} NL$, oder $CJ . KM = HC . NL$ eingesetzt, ergeben

$$(b - x) H \left(\frac{b-x}{b}\right) = (b + x) h \left(\frac{b+x}{b}\right)$$

$$\text{oder } (b - x) \left(\frac{Hb - xH}{b}\right) = (b + x) \left(\frac{bh + xh}{b}\right)$$

$$(b - x) \left(H \left(1 - \frac{x}{b}\right)\right) = (b + x) \left(h \left(1 + \frac{x}{b}\right)\right)$$

$$bH - xH - xH + \frac{x^2 H}{b} = bh + xh + xh + \frac{x^2 h}{b}$$

$$bH - bh = 2x (H + h) + x^2 \left(\frac{h - H}{b}\right).$$

Nun ist die ursprüngliche Fläche des Querprofils im Abtrag $\frac{bh}{2}$, des Querprofils im Auftrag aber $\frac{bH}{2}$, mithin die Differenz zwischen beiden $(\Delta) = \frac{bH - bh}{2}$

oder $2\Delta = bH - bh$.

Dies in obige Gleichung eingesetzt ergibt

$$2\Delta = 2x\,(H + h) + x^2 \left(\frac{h - H}{c}\right).$$

Nun ist es klar, dass der Betrag $x^2 \left(\frac{h - H}{b}\right)$ gegenüber der Grösse $2x\,(H + h)$ in allen Fällen, in welchen es sich nicht um erhebliche Dimensionen handelt, verschwindend klein ausfallen wird und deshalb für praktische Zwecke ohne Bedenken vernachlässigt werden darf.* Wir erhalten daher in der obigen Gleichung $2\Delta = 2x\,(H + h)$ oder $x = \frac{\Delta}{H + h}$ mit Worten ausgedrückt: „Um die Differenz zwischen der Grösse des Abtrags- und Auftragsprofiles zu beseitigen, dividiert man mit der Summe der beiden Böschungshöhen in den Betrag des Unterschiedes zwischen den Flächen der beiden Profile; das Resultat ergiebt, um wie viel beim Überschuss im Auftrag die Wegkrone nach der Bergseite zurückzulegen,

---

* Der Betrag $x^2 \left(\frac{h - H}{b}\right)$ wird geradezu gleich Null, wenn die Linie PO, welche den Querschnitt des Geländes darstellt, eine Gerade ist. In diesem Fall würden die Dreiecke BAC und EDC ähnlich sein und es würde sich verhalten $AC : BC = CD : EF$

$b : h = b : H$, woraus $\frac{h}{b} = \frac{H}{b}$ oder $\frac{h - H}{b} = o$,

also auch $x^2 \left(\frac{h - H}{b}\right) = o$.

Dieser Fall einer Differenz zwischen der Grösse des Auftrags- und Abtragsprofiles kann übrigens aus selbstverständlichen Gründen bei dem geraden Verlauf von PO nur dann eintreten, wenn $AC \lessgtr CD$ ist. Auch in diesem Fall gilt — wie leicht zu beweisen — die obige Formel $x = \frac{\Delta}{H + h}$.

hingegen bei Überschuss im Abtrag nach der Talseite zu verschieben ist.“

Es ist hierbei schliesslich noch zu erwähnen, dass das Zutreffen dieser Regel — wie aus der Figur zu ersehen — an die Voraussetzung geknüpft ist, dass die Geländeformen CE und CB über B und E hinaus sich nicht plötzlich ändern.

Da wir nun von Ausgleichung der Auf- und Abtragskörper ausgingen, so bleibt noch anzuführen, in welcher Weise die dargestellte Ausgleichung zwischen den Profilen des Auftrags und Abtrags zu jenem Zweck der Massenausgleichung zu benutzen ist. Da nach § 29 die Massenberechnung einfach durch Multiplikation des Mittels der korrespondierenden Flächen der Querprofile zweier Stationspunkte mit der Stationslänge bewirkt wird, so wird offenbar auch die Ausgleichung der Massen eintreten, wenn die Differenzen der Querprofilflächen in Wegfall gebracht worden sind.

Soll hierbei die Ungleichheit der Profile eines Stationspunktes nicht beseitigt werden, vielleicht weil es untunlich ist, die Mitte der Wegelinie an jenem Punkt zu verändern, dann darf bei dem zweiten Stationspunkt auch keine Gleichheit der Querprofile eintreten. Die Gleichheit der Summen von Auf- und Abtragsprofilen der beiden Stationspunkte ist in diesem Falle so herzustellen, dass man von den zu verändernden beiden Profilen das eine um so viel verkleinert, wie man das andere vergrössert.

Es seien in Figur 39 die Profile

$$A = 2 \square \text{ m.} \quad B = 6 \square \text{ m.}$$
$$a = 4 \square \text{ m.} \quad b = 3 \square \text{ m,}$$

sodann ist die Masse des Abtrages bei der Stationslänge von 20 m = 60 kbm, der Betrag des Auftrages = 90 kbm, Differenz also = 30 kbm. Es soll durch seitliche Verschiebung des Punktes y die Ausgleichung bewirkt werden; die betreffenden Höhen bei A und B seien H und H′ = 2 und 6 m. Die Wegbreite sei = 4 m.

Man dividiert nur mit der halben Stationslänge in die

Differenz und erhält dadurch $\frac{30}{10} = 3\,\square\text{m}$. Um die Hälfte dieses Betrages, also um 1,5 □m müsste nun in Folge der seitlichen Verschiebung offenbar A grösser und um ebenso viel B kleiner werden, man hat deshalb mit der Summe der Profilhöhen 2 + 6 oder 8 in 3 zu dividieren und erhält hierbei 0,375 m als Betrag der seitlichen Verschiebung beim Punkt y.

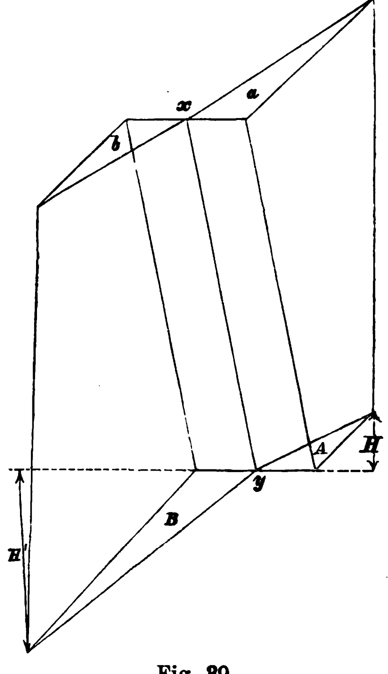


Fig. 39.

Es leuchtet ein, dass eine solche Verschiebung, wenn sie nicht am Ende einer Wegestrecke vorgenommen wird, die Erdmassenberechnung der nächten Station auch noch beeinflusst; ferner ist dabei keine Rücksicht auf die Auflockerung des Bodens genommen. Auch können Fälle eintreten, in welchen die Anwendbarkeit dieser Methode daran scheitert, dass der durch Rechnung gefundene neue Stationspunkt zu einer unbrauchbaren Figur der Weglinie führen würde; insbesondere gilt dies bei Durchführung von Kurven mit kürzerem Radius, beim Bau von Rampen u. s. w. Die Frage, ob solches eintreten würde oder nicht, lässt sich nur dann entscheiden, wenn man einen Grundriss des Wegprojektes aufgenommen hat und nun die sich ergebende neue Lage der Wegemittellinie genau beurteilen kann.

Oefters ist eine örtliche Verbreiterung des Weges zum Behuf der Gewinnung von Holzauflagerungsplätzen, oder Ausweiche- und Umwendestellen bei vorhandenem Abtragsüberschuss am Platze und namentlich wird sich bei schmalen

Wegeanlagen eine solche Aushülfe bewähren. Sie wird schon finanziell zur Pflicht, wenn durch Verlegung der Wegemittellinie in weiterer Entfernung von dem Punkte, wo Überschuss vorhanden ist, ein kostspieliger Transport des letzteren herbeigeführt werden würde.

γ. Feststellung der Massenberechnung.

§ 34.

Hat nach der einen oder anderen der vorstehend geschilderten Methoden eine genügende Ausgleichung zwischen den Auftrags- und Abtragsmassen des projektierten Wegebaues stattgefunden, so werden nunmehr die Querprofile definitiv mit Tusche ausgezeichnet, aufs neue berechnet und wird die in § 30 mitgeteilte Tabelle berichtigt, zu welchem Behufe es sich empfiehlt, die erstmaligen Zahlenangaben derselben ebenfalls nur mit Bleistift zu machen. Es ist hierbei noch darauf aufmerksam zu machen, dass die sich ergebenden Abtragsmassen beim Auftrag einen grösseren Raum einnehmen als in dem kompakten Zustand, in welchem sie sich vor ihrer „Lösung“ befanden. Diese Volumvergrösserung ist in § 31 erwähnt und es erübrigt noch, zu zeigen, in welcher Weise bei der formellen Behandlung der Vorarbeiten dieselbe berücksichtigt wird. Am einfachsten geschieht dies dadurch, dass man die Massenberechnungstabelle von S. 100 zur Aufnahme der durch die Vergrösserung der Volumina sich ergebenden Massen entsprechend erweitert. Ebenso ist es der Sache angemessen, auf dieser Tabelle selbst anzugeben, in welcher Weise die Verwendung der Abtragsüberschüsse bezw. die Entnahme von fehlenden Massen bewirkt wird. Hiermit verbindet man zweckmässig die Angaben über die Transportweiten bei den von dem Ort ihrer Gewinnung nach einer anderen Station zu verbringenden Massen. Eine bewährte Form der bezüglichen Tabellen ist die auf folgender Seite folgende:

Station. No.	Länge. m	Querprofile. Auftrag m □	Querprofile. Abtrag m □	Summen der Querprofile Auftrag m □	Summen der Querprofile Abtrag m □	Massen. Auftrag kbm	Massen. Abtrag kbm	Massen. 1/x* Auflockerung kbm	Massen. Sa. Abtrag kbm	Überschuss.	Mangel.	Überschuss zu verwenden in Station	Überschuss zu verwenden kbm	Mangel zu decken aus Station	Mangel zu decken kbm	Abtrag zu transportieren auf 20 Meter kbm	40	60	80	100	Bemerkungen. Felsen im Abtrag kbm	
0		0	0											3	3,9							
	20			1,89	0	18,9	0			.	18,9			4	14,2							
1		1,89	0											5	0,8							
	20			2,49	0,85	24,9	8,5	1,4	9,9		15,0			5	15,0							
2		0,60	0,85																			
	20			0,60	0,85	6,0	8,5	1,4	9,9	3,9	.	1	3,9				3,9					
3		0	0																			
	20			0	1,22	0	12,2	2,0	14,2	14,2	.	1	14,2					14,2				
4		0	1,22									1	0,8						0,8			
	20			1,25	3,17	12,5	31,7	5,3	37,0	24,5	.	2	15,0					15,0				
5		1,25	1,95									7	8,7				8,7					
	20			2,51	3,03	25,1	30,3	5,1	35,4	10,3	.	7	3,9			3,9						
6		1,26	1,08									10	6,4						6,4			
	20			4,89	3,11	48,9	31,1	5,2	36,3	.	12,6			5	8,7							
7		3,63	2,03											6	3,9							
	20			5,31	5,13	53,1	51,3	8,6	59,9	6,8	.	10	6,8				6,8					
8		1,68	3,10																			
	20			2,08	3,45	20,8	34,5	5,7	40,2	19,4	.	10	19,4			19,4						
9		0,40	0,35											6	6,4							
	20			3,81	0,45	38,1	4,5	0,8	5,3	.	32,8			8	6,8							
10		3,41	0,10											9	19,4							
	200					248,3	212,6	35,5	248,1	79,1	79,3					23,3	19,4	29,2	7,2			

*) Der Prozentsatz der Auflockerung ist, wie früher gezeigt wurde, nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden, je nachdem es Sand, Lehm, Ton oder Fels ist, und die entsprechende Zahl hat hier Platz zu finden.

8. Kapitel.

Weitere Vorbereitungen zur Ausführung der bearbeiteten Baupläne.

§ 35.

Nachdem das Projekt eines Wegebaues soweit gediehen ist, dass eine mehr oder weniger genaue Ausgleichung der Ab- und Auftragsmassen auf Grund der vorstehend geschilderten Verfahren als durchgeführt betrachtet werden kann, so ist damit nicht nur die Richtung, sondern auch die Höhenanlage des künftigen Weges in allen Teilen festgestellt.

Die durch seitliche Verschiebung von Teilen der Wegelinie sich ergebenden Änderungen in dem Grundriss werden auf letzterem nachgetragen; ebenso ist die neue Höhenlage auf dem Längenprofil zu bezeichnen, insoweit durch vertikale Hebung oder Senkung der Wegekrone Veränderungen vorgenommen worden sind. Die Data zu diesen Berichtigungen beiderlei Art entnimmt man den definitiv festgestellten und mit Tusche ausgezogenen Querprofilen. Die nächste Arbeit ist nun die Bezeichnung der endgültigen Wegmittellinie im Freien, indem man aus den Querprofilen entnimmt, wie weit dieser oder jener Stationspfahl seitwärts verschoben werden muss, um diesen Betrag aber nun im Walde die betreffenden Marken verrückt. Gleichzeitig wird auf diesen hinlänglich starken und langen Stationspfählen angegeben, wie hoch aufzutragen oder abzugraben ist. Diese Höhen entnimmt man dem Längenprofil und bezeichnet dieselben auf den Pfählen, indem man bei Auftrag nach richtig erfolgter Abmessung eine Kerbe einschneidet, bei Abtrag hingegen auf dem Pfahl mit Rotstift anschreibt, um wie viel hier die Wegekrone tiefer zu liegen kommt, als der Stationspfahl steht. Gleichzeitig werden nun die Seitenpunkte für die Kronenbreite einschliesslich der Wegegräben rechtwinklich auf die Wegmittellinie abgemessen und durch Pfähle bezeichnet. Die Breite

der Böschung wird auf Grund der gezeichneten Querprofile und mittelst Abgreifen der betreffenden Dimensionen ebenfalls markiert. — Sehr empfehlenswert ist es auch, die Höhen der Aufträge bis zu der beabsichtigten Wegkrone, ebenso die Neigung der Böschung durch festzunagelnde Latten mit Hülfe von Massstab, Setzwage oder Libelle und Böschungsmesser zu bezeichnen, wie dies die Figur 40 verdeutlicht.

Die äusserste Böschungsmarke a auf der Bergseite, ebenso die Marke für die untere Grenze der Wegkrone c, geben nun gleichzeitig das Mass an,

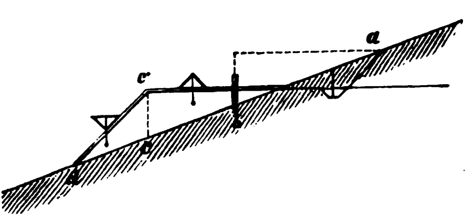


Fig. 40.

bis zu welchem die Baufläche vom Holzbestand geräumt werden muss, falls man nicht vorzieht, an der Talböschung noch etwas mehr Holz abzutreiben, um den Weg besser dem Einfluss des Luftzuges auszusetzen und dadurch seine Austrocknung zu befördern. Ob dies notwendig ist oder nicht, hängt von der Beschaffenheit und dem Alter des Holzbestandes ab.

Jedenfalls muss die Räumung des Holzes nach beendigten Vorarbeiten vor allen Dingen erfolgen, bevor mit dem Bau selbst begonnen wird, falls der Abtrieb der Holzbestände nicht bereits geschehen ist (s. § 26). Es ist zu empfehlen, die Abmessung der Breite nebst oberer Böschungskante zunächst nur flüchtig unter Anplätten der zu beseitigenden Bäume zu bewirken, demnächst das ausfallende Holz auf keinen Fall auf die Baufläche aufsetzen zu lassen und erst dann die genaue Absteckung der Breiten, Markierung der Kronenhöhen, Anfertigung der Lattengestelle etc. zu bewirken, wenn die Baufläche völlig geräumt und der Beginn des Baues in naher Aussicht ist, damit nicht bei den Räumungsarbeiten erst wieder die Pfähle verschoben werden.

In der Praxis folgt nun nach Feststellung des Projektes und vor dessen Ausführung zunächst die Anfertigung der Kostenanschläge. Wir werden jedoch zuvörderst die Bauarbeiten selbst abhandeln und erst später auf die Kosten derselben zurückkommen.

Dritte Abteilung.

Die Wegebauarbeiten und ihre Kosten, sowie die Massregeln der Wegeunterhaltung.

1. Kapitel.

Die Wegebauausführungen.

1. Abschnitt.

Grund- oder Unterbau.

a) Erdarbeiten.

§ 36.

Nachdem die Abräumung des Holzbestandes auf der nach Massgabe der Vorarbeiten festgestellten Baufläche stattgefunden hat, kann die Arbeit des Wegebaues beginnen, vermittelst deren aus der rohen Form des von der Natur gegebenen Geländes der Wegekörper herzustellen ist. Der Hauptteil der Bauarbeit erstreckt sich auf den Erdbau.

Zuvörderst ist es nötig, die etwaigen Bodenüberzüge von Waldunkräutern, Heide, Heidelbeeren etc., sowie die Moos- und Humusdecke auf der Breite der ganzen Baufläche durch Abziehen mit der Hacke zu beseitigen. Diese Materialien werden seitwärts abgelagert und dürfen nicht zum Aufbau des Wegekörpers mitbenutzt werden, da sie hierzu nicht fest genug sind und durch späteres Vermodern zu Senkungen der Wegkrone Anlass geben würden.

Etwa vorkommende Rasen werden sorgfältig ausgestochen und zu anderweitiger Verwendung, insbesondere zum Andecken der Böschungen aufbewahrt.

Erfolgt der Bau im Winter bei Schnee, so muss ebenso das Abräumen der Baufläche von demselben erfolgen und das Einbauen von Schnee in den Auftragskörper gänzlich vermieden werden.

Die Stationspfähle geben neben der Mitte des Weges auch die Höhe der Krone an und es wird nun an Berghängen von dem Punkt, wo das Niveau der Höhe des Weges den gewachsenen Boden trifft, mit dem Loshauen und Abtragen der Erde begonnen, welche nach der Talseite hin verbracht und hier zum Aufbauen des Auftragkörpers benutzt werden soll. Auch bei Bauten der Ebene muss vorerst der zur Herstellung normaler Höhenlagen erforderliche Grund und Boden losgegraben werden, sei dies nun durch Ausheben der Seitengräben oder sonstige Entnahme aus seitwärts in grösseren oder kleineren Entfernungen gelegenen Bezugsstätten, worüber die Erdberechnungstabelle Aufschluss geben muss.

Als Werkzeuge genügen für gewöhnlich Hacke und Schaufel. Ist der Boden etwas fester und zäher oder steiniger, so bedarf man sogenannter Keil- oder Spitzhauen (Pickel); ausserdem müssen zur Beseitigung von Wurzeln Beile zur Hand sein.

Die Lösung des abzugrabenden Bodens geht Hand in Hand mit der Verbringung desselben nach den Auftragspunkten.

Ist der Transport nicht durch einfachen Schaufelwurf zu bewirken, so bedient man sich mit Vorteil einfacher, von Holz oder Schwarzblech angefertigter Tröge oder Mulden, welche mit Handhaben versehen sind und mittelst deren auf Entfernungen von 5 bis 10 Schritt der Transport des Materials sehr leicht zu bewirken ist. — Das Transportieren des Abtrages muss immer nach Möglichkeit über den Auftrag hinweggehen, damit dadurch das bessere Setzen des letzteren befördert werde. Man bedient sich dazu für kürzere Entfernungen der einrädrigen Kastenkarren, wogegen für weiteren Transport zweiräderige Kippkarren empfehlenswert

sind. Bei der Bewegung grösserer Auftragsmassen auf weitere Entfernungen kommt die Benutzung von Gespannwagen, oder von Schienengeleisen mit Kippkarren in Betracht. Letztere Art des Transportes ist bei grossen Bauten besonders fördernd und empfiehlt sich namentlich da, wo Gespannkräfte schwer zu haben und deshalb teuer sind.

An steilen Hängen, wo die Gefahr vorliegt, dass die aufgeschütteten Massen durch Abrutschen weiter in die Tiefe geführt werden als nötig ist, hat man durch einen, längs der Grenze der unteren Böschung auszuwerfenden Graben und eine durch den Auswurf zu gewinnende dammartige Erhöhung einen festen Halt für die anzuschüttenden Erdmassen zu erlangen; auch kann man dies durch eine Reihe eingeschlagener Pfähle, die mit Reisig zu durchflechten sind, bewirken.

Ist der Abtragskörper in Form eines tieferen Einschnittes loszuarbeiten, so wird man demselben von oben oder von derjenigen Seite her, nach welcher der Transport der zu gewinnenden Massen erfolgt, beizukommen suchen.

Etwaige noch im Boden steckende Stöcke werden nach Abhieb der Wurzeln möglichst von allen Seiten umgraben, damit sie dann frei stehen und sich leicht beseitigen lassen.

Um das richtige Normalprofil des herzustellenden Wegkörpers zu erlangen, muss mittelst der Libelle oder Setzwage von der beim Stationspfahl ersichtlichen Höhenmarke nach beiden Seiten hin die Höhe bis zu der beabsichtigten Breite des Weges übertragen werden.

Um die richtige Lage in der Mitte des Weges nicht zu verlieren, wird diese selbst in kurzen, etwa nur 4—5 m langen Zwischenräumen mit Pfählen versehen. Von jedem dieser Pfähle misst man seitwärts die halbe Wegebreite je nach Innen und Aussen ab, schlägt hier Pfähle und markiert an diesen die Kronenhöhe. Indem man nun an der Talseite die, an den einzelnen Pfählen für Bestimmung der Niveauhöhe erhaltenen Marken durch ausgespannte Schnüre verbindet, erhält man die genaue Grenze, bis zu welcher aufgetragen werden muss. Die äussersten Schichten des Auf-

trags sind am lockersten, da kein befestigender Transport über sie hinweggegangen ist. Man hat daher diese Schichten durch Feststampfen noch etwas kompakter zu machen. Hat der Untergrund, auf welchem das Planum ganz oder teilweise zu ruhen kommt, feuchte, sumpfige oder moorige Stellen, so muss der Gefahr des Senkens des Auftrages dadurch vorgebeugt werden, dass man die feuchten Partien aushebt und durch feste, steinige Massen ersetzt oder zur Entwässerung des Untergrundes s. g. Sickerdohlen anbringt, auf welche wir später zurückkommen werden (s. § 47).

Bei Lösung der Erdmassen stösst man oft auf Steine, welche teils als Mauersteine, teils als Pflaster- oder Decksteine vorteilhaft verwendet werden können. Es wäre oft schade, diese wertvollen Massen in das Planum mit einbauen zu lassen, da sie sich zu zweckmässigerer Verwendung eignen. Man tut daher wohl, dieselben besonders aussondern und zur Seite aufbewahren zu lassen.

b) Brech- und Sprengarbeiten.

§ 37.

Bei Lösung der zum Aufbau des Wegekörpers abzugrabenden Erdmassen findet man neben den Zersetzungsprodukten der bodenbildenden Gesteine nun auch bei tieferen Einschnitten den festen anstehenden Fels, welcher sogar nicht selten völlig zu Tage austritt.

Die Gesteinsmassen, welche zur Herstellung des gewünschten Querprofils der Wegestrecke entfernt werden müssen, beseitigt man auf verschiedene Weise, je nach der Natur der Felsen, nach ihrer Härte, Grösse und nach der Lagerungsweise, in der sie vorkommen. Geringere vorspringende Felsecken und Kanten schlägt man oft einfach mit einem schweren Hammer ab; zerklüftete Partien beseitigt man mit Brechstangen oder Spitzhauen; umfänglichere Felspartien, welche sich nach den angegebenen Methoden nicht beseitigen lassen, müssen gesprengt werden.

Das Felsensprengen erfordert zunächst das Anbringen einer röhrenartigen Vertiefung, in welche die Zündmasse eingeführt werden kann. Diese Vertiefung, Bohrloch genannt, wird dadurch angefertigt, dass ein meiselförmiger, an der Schärfe gut verstählter eiserner Bergbohrer an den Fels angesetzt, und unter beständigem Umdrehen mittelst starker Schläge des Handfäustels eingetrieben wird. Dadurch wird die betreffende Partie des Felsens in Sand und Staub verwandelt und es entsteht ein rundes Loch von der Weite, welche der Dicke des Bohrers entspricht. Um den Gesteinsstaub vom Boden dieses Loch beständig zu entfernen und dadurch die Arbeit zu fördern, giesst man in letzteres — wenn möglich — etwas Wasser. Der Bohrstaub (Bohrmehl) vermischt sich mit diesem zu einem Schlamme, welcher allmählich an Steifigkeit zunimmt und mittelst des Raumlöffels entfernt wird. Dieses Instrument besteht aus einem langen, dünnen Eisenstab, welcher unten in eine flachmuldige Querscheibe und oben in ein Oehr endigt. Bei tiefen und weiten Bohrlöchern werden Bohrer und Fäustel von zwei Personen gehandhabt, in der Weise, dass die eine mit beiden Händen ein schweres Fäustel führt, während die andere den Bohrer im Loche festhält und dreht. Dieses Geschäft, das zweimännische Bohren genannt, im Gegensatz zu dem einmännischen Bohren, bei welchem Fäustel und Bohrer von einem und demselben Arbeiter geführt werden, erfordert Geschick und Übung, damit das Fäustel die Hände des den Bohrer Drehenden nicht treffe. Besonders tiefe Bohrlöcher werden durch blosses Aufstossen und Drehen eines Meiselbohrers mit langem Griff, nach Art der Brechstangen konstruiert, ausgeführt, indem 2—3 Mann diesen s. g. Stossbohrer innerhalb des Bohrloches unter beständigem Drehen stetig niederstossen.

Sobald das Bohrloch, oder in vielen Fällen die Reihe der Bohrlöcher (deren Tiefe von 0,3 m — 1 m schwankt), fertig ist, wird der Schlamm entfernt, die zurückgebliebene Feuchtigkeit mit Werg ausgewischt und die Ladung eingesetzt.

Bei der Wahl der anzuwendenden Explosivstoffe kommen für die Zwecke des Wegebaues hauptsächlich Pulver und Dynamit in Betracht.

Hat man es mit ausgedehnten und umfänglichen Felsarbeiten zu tun, so verdient Dynamit (eine Mischung von Nitroglyzerin und Kieselguhr) entschieden den Vorzug, sowohl mit Rücksicht auf relativ grössere Wirksamkeit, als auch in Hinsicht auf Kostenersparnis. Handelt es sich hingegen beim Waldwegebau um Beseitigung geringerer Felsmassen, so empfiehlt sich die Anwendung des Pulvers gegenüber dem Dynamit meistens durch den leichteren Bezug und die einfachere Verwendung, welche selbst Ungeübteren möglich ist. Das Pulver verwendet man entweder lose, oder mittelst Patronen, die aus dünnem Blech oder geöltem Papier angefertigt sind. Man empfiehlt, dieselben nicht gänzlich auszufüllen, das obere Ende vielmehr durch zwei, etwa 3—5 Centimeter von einander entfernt bleibende, mitten durchbohrte Holzscheiben zu schliessen, damit das entzündete Pulver die eingeschlossene Luft ausdehnen und mit zum Sprengen benutzen kann. Die Patrone wird mittelst der sog. Raumnadel, welche von Kupfer sein muss, (nicht von Eisen, letzteres deshalb, damit nicht durch Reiben an kieselhaltigem Gestein Funken entstehen und somit eine Explosion herbeigeführt wird), an der Spitze gespiesst und in das Bohrloch eingeführt. Die Zündung bewirkt man mit Hülfe der Zündschnur, welche in das lose Pulver eingeführt oder in die Patrone hineingebunden wird, während ihr oberes Ende noch etwas über das Bohrloch hinausragt. Zündschnüre sind ziemlich harte, mit Harz überzogene, etwa 5 Millimeter dicke, im Innern mit Pulversatz ausgefüllte Röhren von Hanfgespinnst. Der von der Zündschnur nicht ausgefüllte ringförmige Raum des Bohrlochs wird nun unten mit einem Papier- oder Wergpropfen, nach oben mit einem Besatz (Ton oder Lehm), welcher fest eingestossen wird, verschlossen.

Das obere aus dem Bohrloch hervorragende Ende der Zündschnur wird mit einem Stück Feuerschwamm oder

Schwefelfaden versehen, welcher nach erfolgter Entzündung bis auf den Pulversatz der Zündschnur fortbrennt und somit die Explosion herbeiführt.

Bei Anwendung des Dynamits, wird das Bohrloch mit Patronen in Pergamentpapier geladen, welche mittelst eines Ladestockes festgepresst werden. Die Explosion erfolgt durch starke Zündhütchen, in welche man die Zündschnur bis sum Boden einsteckt, worauf das Zündhütchen selbt in die Dynamitmasse einzuführen ist, in welcher man dasselbe dadurch, dass die Patronenhülle samt Zündschnur mit Bindfaden umschnürt wird, befestigt. Die Detonation des Zündhütchens erreicht man durch Entzündung des Pulversatzes der Zündschnur in derselben Weise, wie bei Pulversprengung.

Da die Explosion des Dynamits eine weit rapidere ist, als diejenige des Pulvers und die Gase infolge dessen nicht wie bei letzterem nur nach oben, sondern nach allen Seiten hin zu entweichen suchen, so bedarf Dynamit keines, oder wenigstens nur eines ganz schwachen Besatzes.

Es ist noch zu erwähnen, dass die Aufbewahrung des Dynamits eine sehr sorgfältige sein muss. Da dieser Stoff schon bei 8° Celsius erhärtet, so muss er im Winter am Körper getragen oder in lauwarmem Wasser aufbewahrt werden. Das Auftauen desselben am Feuer hat schon oft Explosionen zur Folge gehabt, und ist daher streng zu vermeiden.

Geschickte Steinbrecher wissen die Ladungen, sowohl bei Pulver als auch bei Dynamit, gerade so stark zu geben, dass die abzusprengende Felsmasse nur eben gelöst, aber keineswegs fortgeschleudert wird. Ist dies eingetreten, so wird nun mit Spitzhaue und Brecheisen nachgeholfen und die gelöste Felsmasse beseitigt, worauf nötigenfalls zum Bohren neuer Löcher geschritten werden muss.

c) Schutz des Wegekörpers, insbesondere durch Stütz- oder Futtermauern.

§ 38.

Die Böschungen eines Weges kann man, abgesehen von den bereits in § 36 erwähnten Flechtzäunen dadurch standhaft machen, dass man dieselben an der Talseite mit Stecklingen von Pappeln, Erlen oder Weiden bepflanzt, durch deren Wurzelgeflecht der Boden befestigt wird. Auch kann man die Böschungen mit Rasen abdecken, oder dieselben mit Klee, Esparsette oder Grassamen ansäen.

Hat man einen Wegekörper an steilen Abhängen, sowie längs fliessenden Gewässern aufzubauen, oder berührt man mit demselben eine Eigentumsgrenze, so macht sich öfters zur Verminderung der Auf- und Abtragsmassen, sowie behufs geringerer Ausdehnung der Bauflächen, ebenso auch zur Erlangung einer grösseren Standhaftigkeit der Böschungen die Aufführung von sogenannten Stütz- und Futtermauern nötig. Stützmauern dienen zum Halt der unteren (Tal-) Böschung, sie stützen den Wegekörper. Futtermauern werden an der Bergböschung angebracht, um dieselbe zu befestigen; diese Mauern kommen auch bei Rampen mit kurzem Radius vor, wenn die untere und die obere Wegstrecke sehr nahe zusammenliegen.

In welcher Weise dieselben zur Anwendung gelangen, zeigt Figur 41.

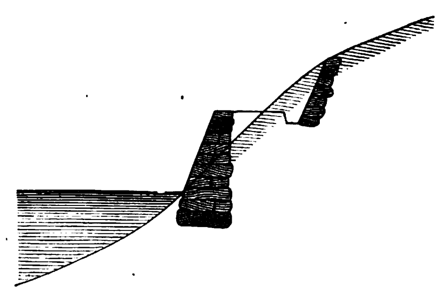


Fig. 41.

Anstatt die Mauern bis zur ganzen Höhe des Wegeplanums emporreichen zu lassen, kann man in vielen Fällen sich auch schon mit einer Höhe bis zur Hälfte der Böschung begnügen („halbe Mauern“), wie aus nachstehender Figur (42) ersichtlich ist.

Bei Konstruktion dieser Mauern sind folgende praktische Regeln zu berücksichtigen:

1) der Fuss derselben muss mindestens 0,5 m unter der Bodenoberfläche und zwar so tief liegen, dass er nicht etwa vom Wasser unterspült wird und überhaupt auf festem Grund steht, so dass die Mauer nicht weichen kann.

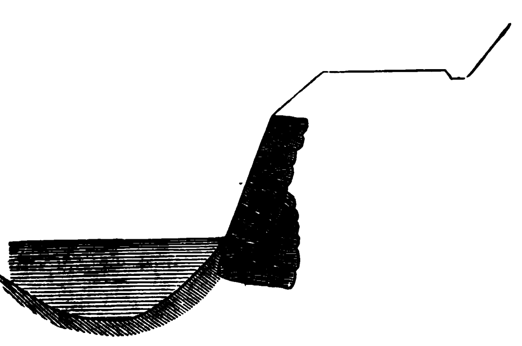


Fig. 42.

2) Die nach aussen gerichtete Seite muss eine gewisse Abböschung („Anzug") bekommen, damit das vermauerte Gestein durch den Einfluss des Erddrucks nicht über seinen Schwerpunkt hinaus verschoben werde. Diese Böschung nimmt man zu $^1/_6$ bis zu $^1/_3$ der Mauerhöhe an, bezw. man lässt um diesen Betrag die obere Kante der Mauer von der durch den Fuss derselben gelegten Lotlinie zurücktreten, wie Figur 43 zeigt.

Je fester und schwerer das Steinmaterial, um so steiler kann die Böschung sein.

3) Die Stärke der Mauern richtet sich ebenfalls nach der Güte und Schwere der Steine, sowie nach der Beschaffenheit des Hinterfüllungsmaterials; man kann die mittlere Mauerstärke (b) im Verhältnis zur Höhe (h) folgendermassen annehmen;

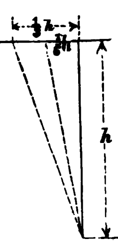


Fig. 43.

a. bei Mauern aus schwerem Material und bei gewöhnlicher Hinterfüllungserde (kein Ton und Lehm)

$$b = {}^2/_7\, h.$$

b. bei Mauern gewöhnlicher Konstruktion und Hinterfüllung

$$b = {}^1/_3\, h.$$

c. bei einem tonigen oder lehmigen Hinterfüllungsmaterial,

das infolge von Nässe oder Quellenbildung dem Abrutschen ausgesetzt ist

$$b = {}^{8}/_{7}\ h.$$

d. bei Mauern, die einseitigem Wasserdruck ausgesetzt sind

$$b = {}^{1}/_{2}\ h.$$

Auf alle Fälle ist die Stärke der Mauer nicht unter 0,5 m anzunehmen.

Für die beim Waldwegebau vorkommenden Mauern genügt in der Regel Trockenmauerwerk mit lagerhaften Steinen in Moosverband. — Bei geringerer Schwere der Steine greift man hingegen zur Anwendung von Mörtelmauerwerk, bei welchem die Fugen zwischen den Steinen mit dem bekannten Kalkmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand), bei Wassermauern durch Zementmörtel (1 Teil Zement, 2 Teile Sand) ausgestrichen werden.

Bei Anwendung von Mörtelmauerwerk braucht die Abböschung nicht so flach zu sein, als bei Trockenmauern.

Bei Ausführung der Mauern muss zunächst für die Gewinnung eines recht dauerhaften Fusses dadurch gesorgt werden, dass man die stärksten Steine zu demselben nimmt. Ist der Boden unsicher, so ist für Entwässerung desselben zu sorgen, auch werden zweckmässig Fundamentplatten gelegt; das Lager des Fusses gräbt man etwas schief gegen den Berg geneigt aus.

Beim Fortschreiten des Aufbaues ist auf gerade, egale Flächen der äusseren Seite zu sehen, ferner dürfen die Steine durchaus nicht auf die hohe Kante gestellt werden, sondern müssen soviel als möglich quer durch die Mauer und rechtwinklig zur Längenansicht durch dieselbe hindurchgehen („Binder"). Die Steine sind scharf aneinander zu treiben und nur die unvermeidlichen Zwischenräume sind mit kleineren Steinen zu verzwicken. Die einzelnen Lagen der Mauer müssen tunlichst horizontal ausgeglichen werden. — Auch bei Trockenmauerwerk müssen die Steine immer etwas behauen und zugerichtet werden, so dass kein Stein hohl liegt und ein gewisser Verband erreicht wird. — Die Stoss-

fugen zwischen zwei Steinen sind durch die darüber zu liegen kommenden Steine immer wieder zu decken.

2. Abschnitt.

Oberbau.

a) Allgemeines.

§ 39.

Mit der Aufschichtung der Erd- und Felsenmassen, aus denen der Wegkörper hergestellt wird, ist nur in den wenigsten Fällen ein dauerhafter, fahrbarer Weg gewonnen. Ein solcher Untergrund, in welchem steinige Bestandteile in überwiegendem Mass vorkommen, wie z. B. in manchen Kalk-Formationen, im Granit, Gneis, Glimmerschiefer, der Grauwacke, mag zwar für Nebenwege von untergeordnetem Rang, die nur aussetzend für die Holzabfuhre benutzt werden, genügende Festigkeit bieten, allein bei Wegen, welche stärkerer Benutzung unterliegen sollen, insbesondere dem alljährlich regelmässig wiederkehrenden Transport gewisser grösserer Holzmassen zu dienen haben (Hauptwegen und Waldstrassen), ist eine Befestigung des Grundbaues in der Regel geboten, es sei denn, dass man es mit leichtem Sandboden in der Ebene zu tun hat, welcher unschwer austrocknet und dadurch besser in fahrbarem Zustand zu halten ist. — In solchen Lokalitäten ist in der Regel auch der gänzliche Mangel an brauchbaren Steinen ein Motiv zur Unterlassung von Befestigung des Planums durch einen soliden Oberbau.

Wird nun ein solcher beabsichtigt, so hat man je nach dem Grad der Solidität und Dauerhaftigkeit verschiedene Wege einzuschlagen.

b) Chaussierung.

§ 40.

Nachdem das Planum sich allenthalben gehörig gesetzt hat, was bei grösseren Auftragshöhen in der Regel erst nach

Ablauf eines Jahres angenommen werden kann, bei geringeren Aufträgen und bei feuchter Witterung, sowie bei sofortigem Befahren des Wegekörpers jedoch schon früher erfolgt, wird eine Nachplanierung des letzteren vorgenommen, wobei die entstandenen Vertiefungen und die Senkungen des Auftragkörpers an der Talböschung unter Benutzung etwaiger, an der Bergböschung abgerutschter Erdmassen nachgefüllt werden. Hierauf wird die Mitte des Wegekörpers in kurzen Stationen (von 5 zu 5 Meter) ausgesteckt, und ebenso an jedem Stationspunkt die Breite der zu erbauenden Steinbahn markiert. Das Mass der Breite richtet sich vor allen Dingen nach den Dimensionen des Wegekörpers, indem es erforderlich ist, zu beiden Seiten desselben einen Raum für Fussgänger (Fussbank oder Bankett) frei zu lassen, ausserdem nach der Spurweite der gebräuchlichen Fuhrwerke usw. An den eingeschlagenen Mittenpfählen wird nun die Höhe der Steinbahn, welche sich wesentlich nach dem verfüglichen Material richtet und zwischen 15—20 cm schwankt, markiert, indem man die einzelnen Punkte mit Hülfe der Visierkreuze zwischen je zwei festen Höhenpunkten einvisiert. Hierbei ist zur Erreichung einer angemessenen Wölbung der Wegekrone (behufs Ableitung des Wassers) die Höhe an den Mittenpfählen so zu bemessen, dass von beiden Seiten her eine sanfte Steigung gegeben wird, welche etwa 5—7 % betragen soll und um so geringer angenommen wird, je fester das anzuwendende Material ist, sowie je weniger voraussichtlich der Weg benutzt werden wird.

Die innerhalb der eingeschlagenen Pfähle befindliche Erdmasse wird nun in der Tiefe der beabsichtigten Chaussierung mit der Schaufel ausgehoben und zur Erhöhung und Verbreiterung der Fussbänke benutzt.

Zur Erlangung der oben angegebenen Wölbung der Steinbahn dient schon ein Ausheben des Steinbettes, bei welchem in der Mitte ein, jener beiderseitigen Neigung entsprechender Anlauf hergestellt wird (s. Figur 44).

Hierauf werden auf beiden Seiten des Einschnittes zu-

nächst die sogenannten **Randsteine** (auch Bord-, Leisten- oder Wandsteine genannt) genau nach der Schnur und nach den an den Seitenpfählen angebrachten Höhenmarken eingesetzt. Diese Randsteine sind regelmässig geformte, wo möglich mit rechteckigen Seiten versehene Steine, welche dazu dienen sollen, den äusseren Rand der aufzubringenden Steindecke seitlich festzuhalten und einen gewissen Widerstand gegen das Auseinanderdrücken derselben zu gewähren.

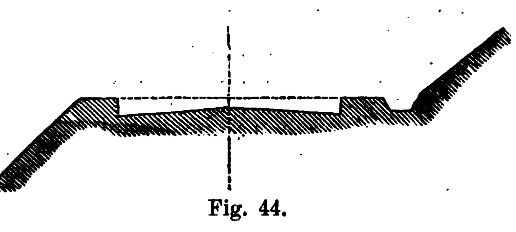


Fig. 44.

Man wählt die Randsteine, welche mehr hoch als dick sein müssen (ca. 20—25 cm hoch, 10 cm breit und ebenso stark) besonders aus, richtet ihre Flächen nötigenfalls noch etwas glatt zu, passt sie genau aneinander, setzt sie mit der Kante in die Erde, zu welchem Behuf mit der Spitzhaue noch ein entsprechender Graben gezogen wird, und stellt sie nun so fest, dass sie beim Überfahren sich nicht leicht verrücken können. — Sie werden so tief eingesetzt, dass ihre Enden über die Fahrbahnhöhe nicht herausragen.

Fehlt es an regelmässig geformten Steinen, so setzt man wohl auch einen s. g. „Rollkamm" aus groben, unregelmässigen, tief einzugrabenden Steinen.

Zwischen die beiden Reihen der Randsteine wird nun die **Packlage** (auch **Grundbau** oder **Gestück** genannt) eingesetzt. Hierzu verwendet man 10—15 cm hohe Bruchsteine, die nach dem Querprofile in solchen Reihen, die rechtwinklig zur Strassenachse stehen, dicht aneinander gestellt werden, wobei man stets das stumpfere Ende nach unten und das spitzere nach oben kehrt. Die Steine selbst werden möglichst lotrecht oder der Steigung des Weges entgegen eingesetzt; nach der Fertigstellung werden mit einem Hammer die über die Normalhöhe des Profils emporragenden Spitzen abgeschlagen und ausserdem die verbliebenen Fugen und

Zwischenräume mit Steinsplittern ausgekeilt (verzwickt). Da die Packlage hauptsächlich den Zweck haben soll, die Wirkungen des Fuhrwerkdruckes auf den weichen Erdbau des Wegekörpers zu verhindern, so richtet sich ihre Höhe vornehmlich nach der Schwere der Lasten, welche auf dem Weg gefahren werden sollen, ausserdem natürlich auch nach dem verfügbaren Steinmaterial und den zu Gebote stehenden Mitteln. — Hat man es mit einem Untergrund zu tun, der infolge starken Feuchtigkeitsgehaltes nachgiebig ist, dann ist es gut, zur Herstellung eines soliden Grundes für die Packlage erst noch eine schwache Schicht Sand einzubringen. Nachdem die Packlage fertig gestellt ist, wird dieselbe noch mit der Decklage, d. h. mit einer 8—10 cm hohen Schichte kleinerer, möglichst harter Steine versehen. — Dieselben werden in der Regel aus stärkeren Bruchsteinen, welche mit dem Hammer zu zerschlagen sind, gewonnen, doch kann auch gröberer Flusskies dazu verwendet werden.

Die besten Gesteinsarten zur Lieferung guter Decksteine sind Basalt, Trachyt, feinkörniger Granit, Syenit, Quarzporphyr, verschiedene Grauwackenabänderungen etc. Von geringerem Werte sind die meisten Kalkgesteine und am wenigsten taugen Sandsteine, welche in der Regel zu weich und leicht zermalmbar sind; eignet sich solches Gestein auch noch allenfalls zur Packlage, so sollte es doch nur im äussersten Notfalle zur Decklage benutzt werden.

Je fester das Gestein, um so kleiner muss es geschlagen werden; je weicher und leichter verwitterbar, um so gröbere Stücke pflegt man aufzubringen. Basalte und ähnliche Gesteine sollen in der Regel nicht mehr als 3—4 cm Durchmesser behalten.

Nach Vollendung der vorbeschriebenen Arbeiten wird die Strasse zweckmässig noch mit einer Lage Kies überfahren, welche in die Zwischenräume der Steindecke eindringt und dieselbe zu grösserer Dichtheit verbindet. Ist es möglich, die ganze Steinbahn sodann noch bei feuchtem Wetter mit einer schweren eisernen Strassenwalze zu befahren, so trägt

dies erfahrungsmässig sehr viel dazu bei, die Oberfläche fest und glatt zu machen. Für Forsthaushalte wird man freilich selten in der Lage sein, sich bei der immerhin relativ geringere Ausdehnung der chaussierten Wege eine eigene Walze anschaffen zu können, jedoch hat man wohl öfters Gelegenheit, eine Strassenwalze von der allgemeinen Strassenbauverwaltung zu leihen; in einzelnen Fällen dürfte es sich auch lohnen, für mehrere Bezirke gemeinschaftlich eine solche Walze zu beschaffen.

Auch ist die Anwendung eines Strassenwalzenwagens nach Forstverwalter Sebesta in Grünau a. d. Alm empfohlen worden (Österreichische Forst-Zeitung 1901 Nr. 51), bei welchem die Räderpaare durch schwere Eichenholzwalzen ersetzt sind, über deren Axen das Wagengestell angebracht ist, sodass der Wagen behufs Erlangung der erforderlichen Schwere noch mit Holz beladen werden kann.

c) Das Macadamisieren.

§ 41.

Der Grundbau nach der vorstehend beschriebenen Weise ist in solchen Gegenden, in denen passende Steine fehlen, wegen Mangel an dem für die Packlage geeigneten Material schwer auszuführen.

Nach dem Vorgang des englischen Ingenieurs Mac-Adam befolgt man daher in vielen Fällen ein System, nach welchem die Befestigung der Strasse lediglich durch mehrere Schichten klein geschlagener Steine bewirkt wird.

Analog der Vorbereitung, welche die Erdbahn beim Einsetzen der Packlage erfährt, hat man zunächst auch hier das Steinbett in der nötigen Tiefe (20—25 cm) auszugraben und mit dem gewonnenen Material die beim Setzen des Erdkörpers entstandenen Vertiefungen auszufüllen. Nach der Schnur und in der durch die eingeschlagenen Seitenpfähle markierten Höhe setzt man zuvörderst Randsteine, welche aus dem gröberen Material ausgewählt werden. Hierauf wird

eine 10 cm hohe Schicht roher oder grobgeschlagener Steine aufgebracht, und auf diese trägt man eine weitere Schicht klein geschlagener Decksteine, welche — wenn möglich — durch Kies zu besserem Halt zu binden sind.

Das Befestigen der Waldwege durch einen, nach dem System des Macadamisierens ausgeführten Steinbau hat vor einer vollständigen Chaussierung den grossen Vorzug einer bedeutenden Kostenersparnis. Diese Methode genügt auch vollständig bei den Seiten- und Nebenwegen und wenn man nach der ersten Anlage die beim Fahren entstandenen Geleise gehörig ebnet, sowie für die erforderliche Nachfüllung mittelst klein geschlagener Decksteine sorgt, so erlangen diese Wege einen hohen Grad von Festigkeit. Darauf, dass die obern Steinschichten nicht aus groben, sondern möglichst egalen kleinen Steinen gebildet werden, muss man besonders sehen, indem grössere Steine von den Rädern über Seite geschoben und somit leichter Ungleichheiten in der Fahrbahn gebildet werden, während kleinere Steine, deren ein Rad in der Regel mehrere auf einmal berührt, immer fester zusammengepresst werden.

Eine Modifikation des Macadamisierens stellen die s. g. Koltzschen Steinspuren dar (zuerst angegeben von Oberförster Koltz in Luxemburg in den kritischen Blättern 1867, S. 256). Dieselben werden derart ausgeführt, dass man nicht die ganze Breite der Fahrbahn aushebt und mit Steinbau versieht, sondern nur zwei, der Spurweite der Geschirre entsprechende grabenartige Vertiefungen mit Steinen ausfüllt, welche den Rädern als Unterlage dienen. Es sind mit diesen Koltzschen Steinspuren bei leichtem Fuhrwerk gute Erfolge erzielt worden; bei stark befahrenen Wegen und bei Beförderung schwerer Lasten haben sie sich jedoch nicht bewährt. Namentlich kommen bei Bergabfahrt in Bogenlinien die Räder der Fuhrwerke leicht von den Steinspuren ab, sodass beim Wiederauffahren auf dieselben die Wege erheblich beschädigt werden. Ein Gleiches findet beim Ausweichen zweier Geschirre statt.

d) Erdwege mit Kiesdecke.

§ 42.

In der Ebene, im Gebiete des Diluviums und Alluviums fehlt es häufig ganz und gar an Bruchsteinen, wohingegen Kieslager öfters in grösserer oder geringerer Ausdehnung vorhanden sind. — Hier hat man das gröbere Gerölle von dem feineren Kies zu sondern und ersteres zu unterst auf die Wege — nach Aushebung eines angemessenen Steinbettes — aufzubringen, worauf als Decklage eine Schicht feineren Kieses folgt. Auch hier müssen, wenn möglich, Randsteine angebracht werden.

Reinen Kies, welcher eine sehr geringe Bindekraft besitzt, mischt man mit Lehm oder Ton, indem man diesen in trockenem Zustand fein zerklopft und über die Kieslage ausbreitet. Dadurch werden die Zwischenräume zwischen dem Kies gut ausgefüllt und wird somit eine bessere Bindung des letzteren erreicht. Bringt man den Lehm oder Ton in grossen Klumpen auf, so hängen sich diese an die Räder der Fuhrwerke an und ziehen gleichzeitig einen Teil der Kiesdecke mit fort.*

e) Befestigung der Wegebahnen mit Holz.

§ 43.

Eine in früherer Zeit im Wald sehr gebräuchliche Methode der Befestigung der Erdwege, namentlich in feuchtem Terrain der Ebene ist die Anwendung eines Oberbaues von Holz, der namentlich bei vorhandenem Steinmangel noch heute eine gewisse Berechtigung hat, insbesondere in waldreichen

* In Ermangelung von Steinen und Kies sind auch Schlacken als Befestigungsmittel für Wege im Gebrauch. — Ihre Verwendung geschieht ebenso wie die des Kieses und ist unter Umständen ein sehr empfehlenswerter — weil dauerhafter und billiger — Ersatz. Scharfe glasige Schlacken haben jedoch für die Menschen und das Zugvieh ihre nicht zu verkennenden Unbequemlichkeiten; deshalb muss auf dieselben noch eine Kiesdecke aufgebracht werden.

Gegenden, in welchen die Holzpreise nicht so hoch stehen, um die Anwendung dieses Materials als eine Verschwendung zu charakterisieren.

Zunächst belegt man das normal geebnete und in analoger Weise wie für Herrichtung eines Steinbettes scharf ausgestochene Wegeplanum in der Richtung der Wegemittellinie mit 2—3 Latten von Kiefern- oder Erlenholz, welche 15—20 Centimeter Durchmesser haben. Auf diese Unterlage kommen rechtwinklig zur Längenrichtung dicht aneinander gelegte runde oder halbrunde Schalhölzer, welche der Wegebreite entsprechen. Dieselben werden an beiden Seiten noch durch oben aufgenagelte Längslatten befestigt und dieser ganze Holzbau wird noch mit einer Kies- oder Sanddecke überzogen. Anstatt der Schalhölzer nimmt man wohl auch glatte, fest gebundene Faschinenwellen, welche dicht nebeneinander gelegt und ebenfalls überkiest werden. Da ein solcher Bau indessen wenig Halt gewährt und sogar bei der Möglichkeit, dass die Zugtiere durchtreten können, gefährlich werden kann, so ist von dieser Methode nur als Notbehelf Gebrauch zu machen — etwa bei vorläufiger oberflächlicher Herrichtung alter Wege.

3. Abschnitt.

Bauten zur Wasserableitung.

a) Allgemeines.

§ 44.

Das Wasser ist ein grosser Feind aller Wegeanlagen; teils wird es schädlich durch Aufweichen der Fahrbahn, wenn es als Regen oder Schnee von oben fällt, teils ist es lästig als Quell- oder Stauwasser, indem es den Untergrund des Wegeplanums nicht austrocknen lässt und somit zu nachteiligen Senkungen Anlass gibt und endlich schadet es durch seine Strömung als Wasserlauf, da, wo es in seinem Fortgang in irgend eine Berührung mit dem Wegekörper kommt.

Sowohl bei Anlage, als auch bei späterer Unterhaltung der Wege ist daher der Ableitung eines jeden Übermasses von Feuchtigkeit die grösste Sorgfalt zu widmen. Die möglichste Austrocknung des Wegekörpers wird zunächst bedingt durch Ableitung allen Tagewassers; hierzu dienen Seitengräben in Verbindung mit Abflussrinnen und Durchlässen. Das Stauwasser, welches zur Versumpfung des Untergrundes führt, wird durch Gräben und Sickerdohlen abgeleitet, und die dem Wegezug entgegenkommenden Wasserläufe sind durch Abflussrinnen, sowie mittelst Durchlässen verschiedener Art, nötigenfalls durch Brücken, in einer Weise zu fassen, dass die ungestörte Kommunikation über dieselben hinweggehen kann.

b) Strassengräben.

§ 45.

Die Anlage der Strassengräben erfolgt gleichzeitig mit der Herrichtung des Wegeplanums. Sie sind allenthalben erforderlich, wo Wege durch Abtrag von Erdmassen im Hügel- oder Gebirgslande gebaut werden. Ebenso macht sich ihre Anlage nötig in ebenem Terrain, wenn solches nicht geradezu trocken ist. Ist ein Weg, bezw. ein Teil desselben mit seinem Querprofil ganz im Abtrag befindlich, so muss auf beiden Seiten ein Graben zur Ableitung des Wassers vorhanden sein. In diese Seitengräben leitet man nicht nur das Tagewasser, welches auf die Wegebahn niederfällt, indem man der letzteren eine bogenförmige Wölbung gibt, wie wir bereits früher gezeigt haben, sondern mittelst der Gräben wird auch die von der Böschung des Weges herabkommende Feuchtigkeit, welche namentlich bei Schneeabgang nicht unbeträchtlich ist, aufgefangen und abgeleitet. Endlich vermitteln Wegegräben eine durchweg freiere Lage des Wegekörpers, indem sie ihn in seiner oberen Partie isolieren und dadurch die Leichtigkeit der Austrocknung befördern. Bei Anfertigung der Wegegräben bedient man sich der Haue und Schaufel, indem zuvörderst längs der Wegebahn eine entsprechende Rinne aus-

gehoben und sodann beiderseits die Abböschung vorgenommen wird; in felsigem Terrain benutzt man die Spitzhacke, nötigenfalls wird in der früher beschriebenen Weise gesprengt.

Die Breite und Tiefe der Gräben richtet sich nach der grösseren oder geringeren Menge von Wasser, welche abzuleiten ist. Die Böschung der Grabenwände muss — falls man es nicht mit Felsboden zu tun hat — mindestens einfach, in leichtem Boden $1^1/_2$ fach sein.

Die obere Breite nimmt man zu 0,5—1 m an, die Tiefe muss in gewöhnlichen Fällen 0,25—0,5 m betragen. Die untere Breite bestimmt sich nach der oberen Breite und der Tiefe im Zusammenhalt mit der dem Graben zu gebenden Böschung.

In sumpfigem oder moorigem Terrain, in welchem erfahrungsmässig die Seitenwände der Gräben wenig Halt haben und leicht nachrutschen, wendet man eine Verschalung der Wege an den Seiten derselben an.

In diesem Fall (s. Fig. 45) setzt man sofort nach dem Ausstich des Grabens an dessen Wänden in wagrechter Richtung Reihen von glatten 8—10 cm starken Latten übereinander. Diese erhalten durch senkrecht eingeschlagene, etwa 10—15 cm starke Pfähle einen gewissen Halt und das Entweichen der senkrechten Haltepfähle aus ihrer Richtung verhindert man durch eingespannte Querstreben.

Die Gräben ersetzt man wohl auch durch gepflasterte Rinnen, insbesondere bei reichlichem Vorrat an passenden Bruchsteinen (Figur 46).

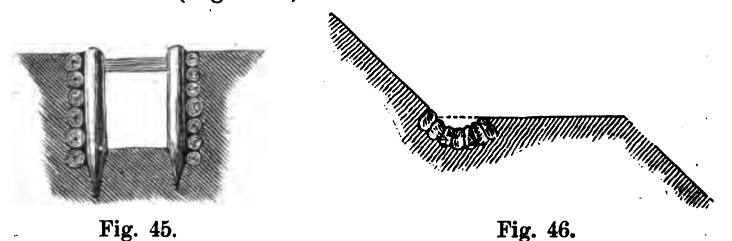


Fig. 45. Fig. 46.

Behufs der Vermeidung von Wasseraufstau in den Gräben ist denselben auch in ebenem Terrain ein schwaches Gefälle

zu geben, was man einfach durch stellenweises Tieferlegen der Grabensohle erreicht. Aus den Wegegräben hat man das Wasser von Zeit zu Zeit nach der Talseite hin abzuführen, um die Ansammlung erheblicherer Wassermassen und das dadurch bedingte Reissen derselben in die Wegekrone und Wegeböschung zu verhindern.

Diese Wasserableitung erfolgt teils durch offene muldenförmige Abzüge, teils durch geschlossene Dohlen und Durchlässe.

c) Wasserableitung durch Querrinnen oder Mulden.

§ 46.

Die sogenannten Querrinnen können zweierlei Zwecke haben; einmal: die Ableitung des Wassers aus den Seitengräben quer über die Wegebahn hinweg nach der Talseite zu vermitteln, sodann aber auch: natürliche schwächere Wasserläufe aus Quellen etc. in einfacher Weise über den Wegekörper hinweg zu leiten, ohne dass der letztere darunter leidet.

Zur Abführung des Wassers aus den Wegegräben pflegt man auf minder wichtigen Wegen einfach einen sogenannten Wegebaum, d. h. eine 15—20 cm starke Stange im stumpfen Winkel quer über den Wegedamm zu legen und zwar in solcher Richtung, dass längs des Baumes Gefälle nach der Talseite hin vorhanden ist. Dieser Baum wird mit Pflöcken befestigt, sodann hinter demselben eine flache Mulde ausgehoben und gleichzeitig der Graben gesperrt, damit das Wasser aus demselben längs des Wegebaumes abfliessen kann. Derartige Vorrichtungen macht man wohl auch auf steilen Wegen, um das Wasser aus den Geleisen seitwärts abzuweisen. Anstatt die eingegrabene Mulde durch einen Baum zu befestigen, verwendet man auch Steinbau, indem die entstandene Rinne durch regelmässiges, in einem flachen Bogen eingesetztes Steinpflaster befestigt wird. Auch hier hat man eine schräge mit Gefälle versehene Richtung der

Mulde zu wählen, damit das Wasser abziehen kann und ausserdem sind die zu wählenden Bogenlinien bei a und b Figur 47 so flach abzuwölben, dass die Fuhrwerke keine wesentliche Steigung zu überwinden haben.

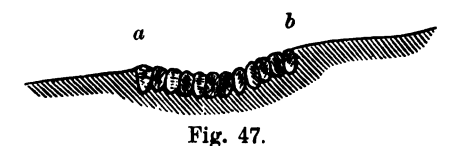


Fig. 47.

Diese gepflasterten Querrinnen sind auch vielfach zur Ableitung kleiner Wasserläufe zu benutzen. Sie sind gegenüber den überdeckten Dohlen in der Anlage einfacher und billiger, leiden aber an dem Nachteil, dass sie für den Verkehr weniger bequem sind, dass sie bei stärkeren Regengüssen leicht voll Kies und Schutt geführt werden und dann das Wasser ungenügend ableiten, dass bei Frost sich nicht selten Eisflecke bilden und dass öftere Reparaturen unvermeidlich sind. Alle diese Mängel gelten in ungleich höherem Grade von den Wegebäumen.

Bei Wegeanlagen von irgend erheblicherer Bedeutung sind daher an Stelle dieser primitiven Bauten in der Regel gedeckte Durchlässe zur Wasserabführung zu wählen.

d) Sickerdohlen.

§ 47.

Wo ein Weg auf Boden zu liegen kommt, der quellig und sumpfig ist, der jedoch sich nicht in einer durchaus ebenen, sondern etwas geneigten Lage befindet, bewirkt man die Trockenlegung sehr zweckmässig durch sog. Sickerdohlen. Dieselben werden schon vor dem Bau des Wegeplanums derart angelegt, dass man von einem genügend tief unterhalb der Wegelinie befindlichen Anfangspunkt einen Abzugsgraben nach der Höhe hin aussticht und von demselben aus Seitengräben in solcher Tiefe ausgehen lässt, dass die vorhandenen Wässer in diesen Gräben abfliessen können. Die letzteren werden mit rohen Steinen ganz lose, unter Bildung möglichst grosser Zwischenräume, ausgefüllt. In Ermangelung von

Steinen nimmt man sperriges Reisig, wozu namentlich Gestrüpp von Dornen, Wachholder etc. tauglich ist. Darauf bringt man immer noch eine Decke von Rasen oder Steinen, ehe man den Wegekörper fertig macht. In einem solchen Abzug sickert das Wasser weg und es genügt dieses einfache Verfahren auch schon zur Ableitung des Wassers aus den Wegegräben, zu welchem Zwecke es sich aus dem Grunde vorteilhaft erweist, weil es bei grosser Wohlfeilheit sich in kurzen Intervallen anbringen lässt, ohne die Wegebaukosten sehr zu erhöhen. Die zur Verwenduug kommenden Steine legt man, wofern die Form derselben dies gestattet, zweckmässig in einer Art von dachförmig geneigter Anordnung, wie Figur 48 zeigt. Zu diesen Sikerdohlen kann man auch Drainröhren verwenden, welche nicht ganz dicht zuzusammenzustossen, sondern mit Belassung kleiner Zwischenräume, die mit Moos umfüttert werden, einzulegen sind, so dass die Feuchtigkeit in die Röhren eindringen kann.



Fig. 48.

e) Durchlässe von Holz.

§ 48.

Die offene Ableitung des Wassers mittelst der im § 46 besprochenen Mulden hat gewisse dort erwähnte Nachteile und man ist daher ziemlich allgemein zu der Anlage verdeckter Ableitungsbauten übergegangen, die insbesondere auf allen mehr kunstmässig gebauten Wegen zur Regel geworden sind. Die einfachsten derartigen Durchlässe sind die hölzernen, welche zwar von kurzer Dauer, aber einfach herszutellen und beim Mangel an brauchbaren Steinen im Wald nicht leicht gänzlich zu verdrängen sind.

Die Anfertigung dieser hölzernen Dohlen erfolgt in der Weise, dass man 4 entsprechend lange, 6—8 cm starke Bohlen zu einem Kasten zusammennagelt, wobei Boden und Decke auch aus kurzen Bohlenstücken querüber ge-

nagelt werden können. In die Sohle des Grabens, den dieser Kasten ausfüllen soll, hat man vor dem Einlegen und nach demselben auch in die Seitenwände und Decke einen 15—20 cm starken gleichmässigen, zähen Lehmschlag einzubringen, worauf die Herstellung der Fahrbahn über die Decke der Dohle hinweg in gewöhnlicher Weise vor sich geht.

Statt der Bohlen verwendet man zu diesen hölzernen Durchlässen auch wohl lediglich Stangen, von denen die Seitenwände durch senkrecht eingeschlagene Doppelpfähle, die durch Querhölzer zu verstreben sind, befestigt werden. Die Bedeckung erfolgt durch Schalhölzer, welche über stärkere Lagerbäume gelegt und mit aufgenagelten Querhölzern zu festem Halt verbunden werden. Derartige Anlagen sind in Ermangelung von Steinen, sowie bei Billigkeit des zur Verwendung kommenden Holzmaterials an vielen Orten nicht unzweckmässig. Die Breite und Tiefe derselben richtet sich nach der aufzunehmenden Wassermenge.

Nach einer Mitteilung in Danckelmann's Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (Bd. 6, S. 120 ff.) hat in der Oberförsterei Strelzno der Kgl. Oberförster Brecher mit Vorteil auch leere Petroleumfässer zu solchen Durchlässen benutzt, indem dieselben trichterförmig ineinander gesteckt wurden. Da diese Tonnen mit antiseptischen Flüssigkeiten gewissermassen imprägniert erscheinen, so leuchtet es ein, dass ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis grösser sein muss, als die von rohem Holz.

f) Steinerne Durchlässe.

§ 49.

Die überdeckten steinernen Durchlässe finden ihre Anwendung bei Überbrückung kleinerer Wassergräben und schwacher Bachrinnsale in Gegenden, in denen die erforderlichen Steine leicht und billig zu haben sind.

Den Holzbauten gegenüber erfordern sie allerdings einen etwas grösseren Baukostenaufwand, allein sie sind dafür solide

und dauerhaft, bedürfen wenig Reparaturen, sind leicht zu reinigen und es verlangt ihre Herstellung keinen besonderen Grad technischer Kenntnisse, so dass dieselbe von den gewöhnlichen Waldarbeitern zumeist recht gut geleistet werden kann.

Sie nehmen daher im Gebirgswaldwegebau ohne Zweifel von sämmtlichen Wasserabzugsbauten die meiste Beachtung in Anspruch. Ihre Anlage geht in folgender Weise vor sich; Zunächst ist die nötige Klarheit über die in Anwendung kommenden Dimensionen zu erlangen. Die letzteren richten sich nach dem höchsten Wasserstand, welchen das Bauwerk bei Abgang des Schnees oder bei Sommerhochwasser aufzunehmen hat. Ist das Planum des Weges so hoch über die Sohle des Gewässers projektiert, dass der Durchlass weniger niedrig und breit angelegt zu werden braucht, als vielmehr die Höhe gegenüber der Breite vorwiegen kann, so ist dies aus dem Grunde wertvoll, weil sodann nicht allzu breite Platten zur Bedeckung benötigt werden.

Die geringste Breite und Höhe wird etwa zu 0,5 m im Lichten angenommen werden können. Ein solcher Durchlass wird aus zwei Seitenmauern und den quer darüber gelegten Deckelplatten konstruiert. Zu den Seitenmauern nimmt man ca. 1/2 m lange Steine, damit die Stärke der Mauer, welche nicht unter dieser Dimension sein darf, aus ganzen Steinen hergestellt werden kann.

In der Regel wird das Mauerwerk dieser Durchlässe mit roh zugerichteten Steinen hergestellt, deren Zwischenräume durch Moos ausgefüllt werden. Mörtelmauern verdienen aber jedenfalls den Vorzug, ebenso die Verwendung behauener Quadersteine, in welchem Falle die Mauerstärke auch etwas geringer als 0,5 m sein darf. Statt der Quadersteine können in steinarmen Gegenden auch gebrannte Ziegelsteine Verwendung finden, wobei jedoch zu beachten bleibt, dass dieselben, der fortwährenden Einwirkung der Nässe und öfters dem Frost ausgesetzt, früher oder später zerbröckeln müssen. Für die Herstellung der Mauern wird nun der Grund in

einer Breite ausgegraben, welche der lichten Weite des Durchlasses und der beiderseitigen Mauerstärke entspricht.

Ist der Untergrund weich und sumpfig, so wird eine Schichte von rohen Steinen ähnlich wie die Packlage bei der Strassenpflasterung hergestellt, mit Rammen möglichst tief eingeschlagen und auf dieser die Aufmauerung der Seitenwände begonnen.*

Die Mauern werden lotrecht auf beiden Seiten gleich hoch aufgeführt, und auf dieselben kommen alsdann die Deckplatten, welche auf jeder Seite mindestens 20 cm überreichen und aufliegen. Diese Platten müssen möglichst gleichmässig und eben sein, dürfen keine Risse oder Sprünge haben und sollen aus haltbarem, nicht leicht verwitterbarem Gestein ausgesucht werden. An ihrer Stelle lassen sich mit Vorteil auch Säulenbasalte verwenden.

Zur Vermeidung von Beschädigungen durch das darüber gehende Fuhrwerk legt man die Platten etwa 15–20 cm tiefer als das Niveau der Strassenkrone, so dass noch eine Schicht von geschlagenen Steinen darüber zu liegen kommt. Anstatt der steinernen Deckplatten können natürlich auch Bohlen oder halbrunde Schalhölzer zur Bedeckung gewählt werden. Hat man einen stärkeren Wasserlauf zu überbauen, bei welchem der Durchlass eine lichte Weite von 1 Meter oder mehr erhalten müsste, so ist die Bedeckung dieses Zwischenraumes nicht durch eine Platte zu ermöglichen, da dieselbe nicht die nötige Tragfähigkeit haben würde. In diesem Falle legt man einen sogenannten Doppel-Durchlass an, indem man in der Mitte der Durchflussöffnung noch einen Pfeiler aufführt, wodurch zwei Öffnungen entstehen, deren jede nun mit den gewöhnlichen Deckelplatten überspannt werden kann. Das dem Wasserzufluss entgegengesetzte Ende des Mittenpfeilers pflegt man zweckmässig etwas abzu-

* Ein solches Pflaster von kleineren Steinen bettet sich erfahrungsmässig besser als grosse Fundamentsteine und es ist daher ein Vorurteil, wenn man durch Anwendung der letztern (ohne Pflasterunterlage) dem Weichen der Mauer sicherer vorbeugen zu können glaubt.



runden, wodurch er gegen den Angriff des Wassers widerstandsfähiger gemacht wird. Die Sohlen der Durchlässe werden entweder gepflastert oder mit Platten ausgelegt, damit das durchlaufende Wasser die Seitenmauern nicht unterspülen und angreifen kann. Dem Pflaster gibt man eine rinnenartige Vertiefung (siehe Figur 49). Auch ist darauf zu sehen, dass den Durchlässen eine sanfte Neigung nach der Talseite gegeben wird, damit das durchfliessende Wasser mit der gehörigen Geschwindigkeit abzieht.

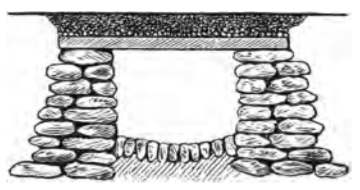


Fig. 49.

Hat ein Durchlass die Bestimmung, das Wasser, welches sich in den Seitengräben eines Weges sammelt, unter dem Wegkörper hindurch abzuführen, so ist eine Vorrichtung nötig, mittelst welcher dasselbe in den Durchlass eingeführt wird. Dies ist eine senkrechte gemauerte Rinne, welche man den Einfalltrichter nennt. Diese Anlage ist aus dem Querschnitt in Figur 50 zu ersehen, wo a b den Einfalltrichter vorstellt.

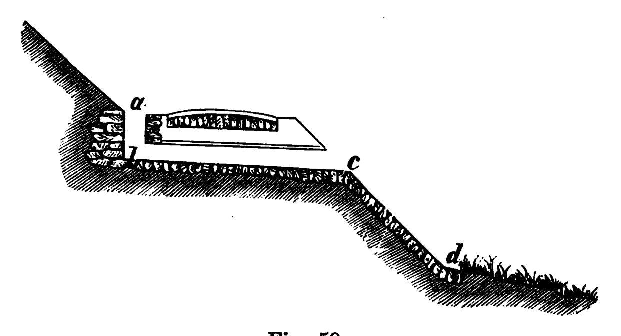


Fig. 50.

An demselben bringt man zweckmässig eine Schutzvorrichtung in Gestalt eines Gitters von Stangen an, wodurch verhindert wird, dass Laub- oder Reissigmassen durch das abziehende Wasser in den Durchlass geführt werden und derselbe dadurch verstopft wird.

Liegt der Durchlass so hoch, dass sein Ausfluss auf der Talseite nicht auf den „gewachsenen“ Boden ausmündet, sondern noch in beträchtlicher Höhe oberhalb desselben das Wasser auf die Dammschüttung ausströmen muss, so hat man von dem Ausflusspunkt bis zu der Höhe des gewachsenen Bodens (c d der Figur 50) eine muldenartige Rinne abzupflastern, wodurch ein Angriff des Dammes durch das abfliessende Wasser verhindert wird.

Bei dem Andrang stärkerer Wasserläufe ist die Mündung des Durchlasses der Gefahr der Unterspülung der Seitenmauern ausgesetzt. Man beugt dieser Bedrohung dadurch vor, dass man jenen Mauern im schiefen Winkel eine Verlängerung gibt, welche den Anprall des Wassers zu brechen und dadurch die eigentlichen Seitenmauern zu schützen bestimmt ist. Diese Verlängerungen nennt man Flügelmauern und ihre Anordnung ergibt sich im Grundriss und in der Ansicht aus den Zeichnungen Figur 51 und 52.

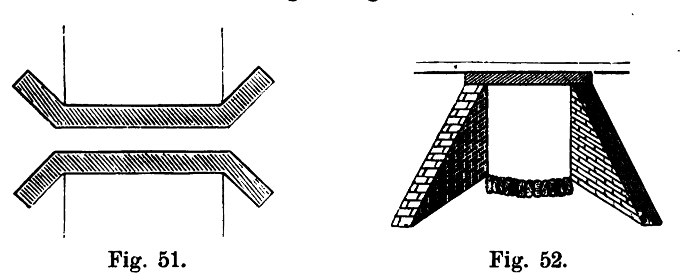


Fig. 51. Fig. 52.

Beim Mangel an entsprechenden Deckelplatten und dem Wunsch, trotzdem einen völlig massiven Durchlass herzustellen, mithin Holzbedeckung auszuschliessen, wird man dazu geführt, die Seitenmauern, welche in der vorher beschriebenen Weise aufgeführt wurden, durch einen Gewölbebau zu schliessen.

Wir haben hier nur lichte Weiten der Durchlässe von 1 Meter im Auge und können in solchen Fällen unbedenklich dazu raten, den Gewölbebogen, welcher hier zweckmässig die Form eines Halbkreises erhält, mittelst Trockenmauerung aufzuführen, indem passende rohe oder oberflächlich behauene

Steine keilförmig nach einem eingesetzten Lehrgerüst aufgesetzt und durch Eintreiben der Schlusssteine festgespannt werden.

g) Durchlässe von Ton- oder Zementröhren.

§ 50.

Wo man bei Mangel an geeigneten Mauersteinen und Deckplatten genötigt ist, sich nach Ersatzmitteln für Anlage der Durchlässe umzusehen, sind in vielen Fällen glasierte, gebrannte Tonröhren zu empfehlen, die man fast allenthalben aus Fabriken oder Niederlagen erlangen kann. Direkter Bezug in Waggonladungen von der Fabrik führt zu Kostenersparnissen gegenüber dem Einzelankauf. — Dieselben sind durch ihr glattes Durchflussprofil sehr geeignet, das Wasser flott durchzuleiten, auch lassen sie sich leicht einlegen, indem an dem einen Ende sich eine Erweiterung (Muffe) befindet, in welche sich immer das Ende der nächsten Röhre einschieben lässt. Die Zwischenräume zwischen Muffe und Röhre werden mit Ton oder Lehm verstrichen, an den Ausmündungen des Kanals bringt man zum Schutz der Röhrenenden kleine Stirnmauern aus Bruch- oder Backsteinen an, mittelst deren jene Enden umfüttert werden. Genügend hohe Bedeckung des Durchlasses (mindestens 0,3 m) ist erforderlich, damit der Druck der Räder die Röhren nicht schädigt.

Die Röhrenweite richtet sich nach der zu fassenden Wassermenge, nötigenfalls kann man einen Doppeldurchlass konstruieren.

Statt der Tonröhren wendet man auch Zementröhren an. Erstere sind, weil glasiert und gebrannt, haltbarer gegen Witterungseinflüsse, namentlich Frost, als die letzteren.

Von Runnebaum ist in Danckelmanns Zeitschrift Band 13, S. 266 die Selbstanfertigung von Zementröhren vorgeschlagen, bezw. gelehrt worden. Es wird hierbei auf einem Bodenstück ein, der lichten Weite des Rohrs entsprechender 1 m langer Cylinder befestigt, sodann unter Aussparung eines,

der Dicke der Röhren (5 cm) entsprechenden lichten Raumes ein Holzmantel aus Brettstücken, welche mit eisernen Bändern und Schrauben festgehalten werden, um den Cylinder herum konstruiert und nun in die entstandene aufrecht stehende Form die Cementmasse, bestehend aus Zementbrei mit Kies mittelst einer Schöpfkelle eingefüllt. Nach 24 Stunden kann die Form entfernt werden und man lässt nun die fertige Röhre langsam abtrocknen, indem man dieselbe ab und zu noch etwas mittelst einer Brause anfeuchtet. Nach 3 Wochen ist die Röhre erhärtet und zum Gebrauch fertig. Die Kosten einer Röhre von 70 cm Länge und 30 cm Weite haben sich nach Runnebaum auf 1 Mk. 63 Pf. belaufen.

Bei den Vorzügen der gebrannten und glasierten Tonröhren und dem billigen Bezug derselben ist diese Selbstanfertigung wohl nur ausnahmsweise zu empfehlen.

h) Holzbrücken.

§ 51.

Hat man die Überbrückung eines Gewässers zu bewirken, welches beim höchsten Wasserstand nicht breiter als 3—4 Meter ist und sind die Ufer desselben tief ausgewaschen, felsig und von fester Beschaffenheit, ist ausserdem der betreffende Weg von keiner hervorragenden Wichtigkeit und Frequenz, so genügt es in vielen Fällen, starke Lagerbäume in 0,5—1,0 Meter Entfernung quer über den Wasserlauf zu legen, dieselben an ihren Enden einzugraben und querüber mit einer Reihe dicht nebeneinander gelegter Schalhölzer oder starker Stangen zu bedecken, welche auf beiden Seiten durch Latten oder Rundhölzer, welche der Länge nach über die Querhölzer genagelt werden, zu befestigen sind. Wenn die Ufer keine genügende Festigkeit zum Auflegen dieser Lagerbäume haben, so müssen zuvörderst auf beiden Seiten standhafte Seitenmauern errichtet werden, wozu man in der Regel rohe Bruchsteine verwendet. Für Herstellung der Seitenmauern gilt dasselbe, was in § 49 über die Herstellung

der Seitenmauern bei den mit Steinplatten gedeckten Durchlässen gesagt ist.

Da bei Anwendung der Brücken eine grössere Höhe der Mauern nötig und mithin ein stärkerer Druck derselben auf den Untergrund zu erwarten ist, so muss die Fundamentierung mit vieler Sorgfalt geschehen. Man hat daher unter Umständen sogar die Anwendung von Rosten nötig, d. h. von Grundschwellen, die auf eingerammte Pfähle eingezapft sind, noch unter der Sohle liegen und das Mauerwerk zu tragen bestimmt sind. Ebenso müssen wegen des Anpralles stärkerer Wassermengen die Flügelmauern grössere Dimensionen erhalten und nach der Seite hin geführt werden, damit ein Hinterwaschen derselben durch das Wasser nicht zu befürchten und der Erddamm des Wegplanums durch sie noch hinreichend geschützt ist. Ihre Oberfläche wird zweckmässig mit Platten abgedeckt; in Ermangelung von solchen lässt man sie treppenförmig ablaufen.

Anstatt der Seitenmauern können bei grossem Holzreichtum und vorwiegender Absicht auf Kostenersparnis, ebenso auch wohl bei provisorischen Anlagen, die Ufer durch Anwendung von hölzernen Wänden geschützt und letztere als Ersatz der steinernen Seitenmauern benutzt werden. Diese Holzwände fertigt man entweder aus eingerammten Säulen, die beiderseits mit Nuten versehen sind, in welche Eichenbohlen eingesetzt werden, welche zu grösserer Haltbarkeit nochmals querüber mit aufgenagelten Riegeln versehen werden können (sogenannte Spundwände, s. Figur 53 im Grundriss, Figur 54 in der Ansicht), oder man konstruiert sie aus starken Rundstämmen nach Art der früher allgemein üblichen Uferbefestigungen an Gebirgsflössbächen, wie Figur 55 zeigt. Diese Holzbauten unterliegen bei dem steten Wechsel von Nässe und Trockenheit sehr der Fäulnis, bedürfen öfterer Erneuerung und verursachen demzufolge eine wahre Verschwendung von Nutzhölzern, so dass man in der Regel diese Bauten ganz verlassen und zum Steinbau übergehen sollte.

Das Querprofil der Mauern, welche zum Tragen des hölzernen Oberbaues bestimmt sind, zeigt am oberen Ende

Fig. 53.



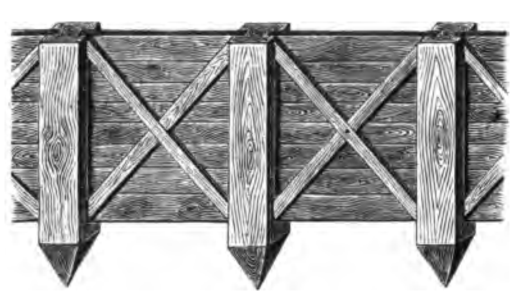


Fig. 54.

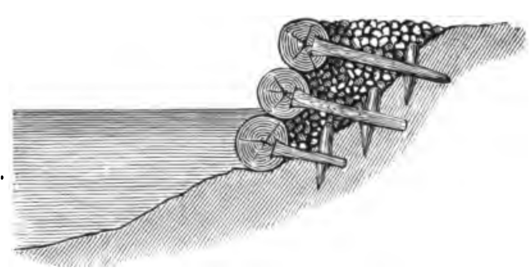


Fig. 55.

einen rechtwinkligen Einschnitt, in welchem bei a und a' (Figur 56) sogenannte Mauerlatten aufgelegt werden, d. h. kantig beschlagene, ca. 20 cm starke Balken, auf welche nun quer über die Brückenöffnung die Brückenbalken (b) befestigt werden, die man in Entfernungen von 70—80 cm legt, nach welcher Angabe sich ihre Anzahl im Zusammenhalt mit der Breite der Brücke leicht bestimmen lässt. Die Stärke dieser Brückenbalken wird mit zunehmender Spannweite derart vergrössert, dass man die Rundholzdurchmesser in Zentimetern d bei s = Spannweite in Metern folgendermassen bemisst:

bei Eiche . . . . d = 0,3 s + 15
„ Kiefer . . . . d = 0,3 s + 16
„ Fichte und Tanne d = 0,3 s + 18

Hiernach würde ein Brückenbalken bei 8 m Spannweite aus Rundholz von Eiche mit 39 cm, Kiefer 40 cm, Fichte 42 cm Durchmesser herzustellen sein. Der tragkräftigste Balken wird im Rechtecksquerschnitt so hergestellt, dass Breite (b) zu Höhe (h) sich verhalten wie 5 : 7, wobei $b h^2$ ein Maximum wird.

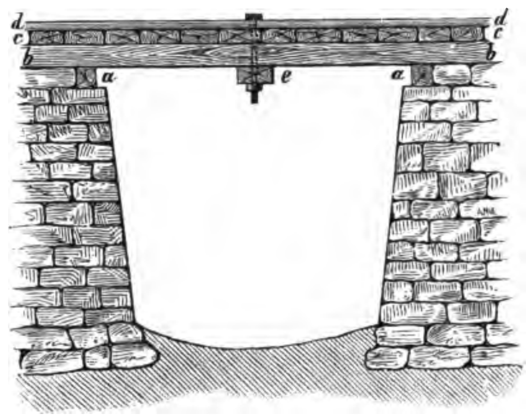


Fig. 56.

Über die Balken kommt nun der Belag von geschnittenen Bohlen oder Schalhölzern (c), welche beiderseits von einer Saumschwelle (d) gehalten werden, zu liegen.

Zu grösserem Halt der Brücken, insbesondere Verminderung der Erschütterung dienen Unterzüge von Balken (e), welche mit entsprechend langen, durch alles Holzwerk hindurch greifenden eisernen Bolzen, die oberseits durch einen Knopf, unterseits durch eine Schraubenmutter gehalten werden, zu befestigen sind.*

* Zur Erhöhung der Tragkraft lassen sich die Brückenbalken auch noch durch sogenannte Sattelhölzer (bb der Figur 57) stützen, welche durch eiserne Schrauben mit den ersteren und den Mauerlatten verbunden werden.



Fig. 57.

Ausserdem erhalten diese Brücken ein festes Geländer. Das Niveau der Bohlen- oder Schalholzdecke muss mit der Höhe des Planums auf beiden Seiten harmonieren.

Die Holzbrücken hat man bei weiter Spannung noch auf verschiedene Weise zu modifizieren, um ihre Tragfähigkeit zu vergrössern.

α. Mittenpfeiler.

Analog den Doppeldurchlässen empfiehlt es sich, wenn das Flussbett nicht allzusehr eingeengt ist, einen Mittenpfeiler zu errichten, welcher den Oberbau tragen hilft. Eine Unterstützung durch hölzerne Böcke ist nicht ratsam, indem diese letzteren dem Anprall des Hochwassers allzuwenig Widerstand leisten.

β. Spann- oder Sprengwerke.

Diese Modifikation erklärt sich von selbst aus Fig. 58.

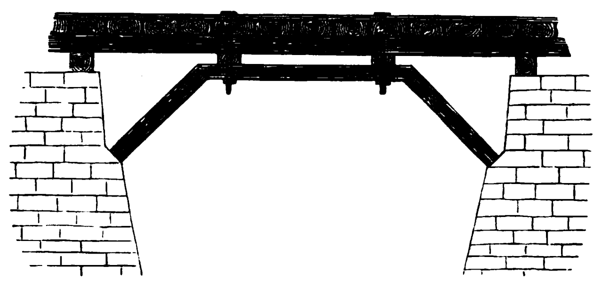


Fig. 58.

Hier werden die Strebebalken in entsprechend vorgerichtete Einschnitte der Seitenmauern eingesetzt und drücken von unten gegen den Querbalken, über welchem zwei Durch-

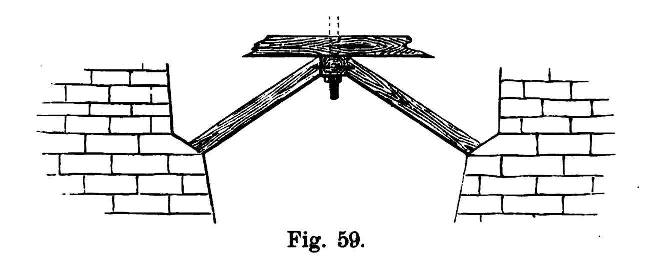


Fig. 59.

züge angebracht sind. Ebenso kann man die Strebebalken auch direkt auf einen Durchzug wirken lassen, wie Fig. 59 zeigt. Mit Klammern werden die Strebebalken entweder wie in Figur 58 mit dem Querbalken oder direkt mit dem Unterzug, wie in Figur 59, verbunden.

γ. Hängewerke.

Im Gegensatz zu dem Sprengwerk, welches die Brückenbahn von unten unterstützt, findet bei Hängewerken eine Verstärkung der Tragkraft der Brücke dadurch statt, dass von oben her eine Hülfe geleistet wird, was dann in Betracht kommt, wenn der Wasserspiegel nur wenig unterhalb des Brückenniveaus liegt, mithin eine Unterstützung durch Strebebalken nicht tunlich erscheint, indem diese durch das Wasser leiden würden.

Die Bestandteile des Hängewerkes sind:

a) die Hängesäule a Figur 60 und 61, welche auch durch

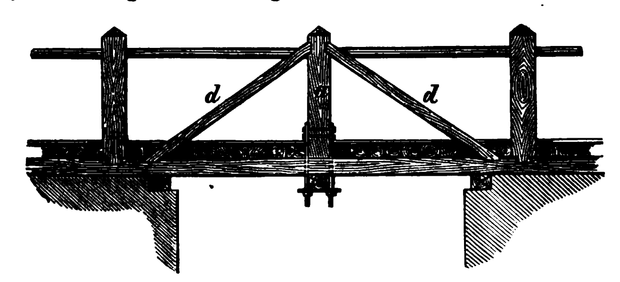


Fig. 60.

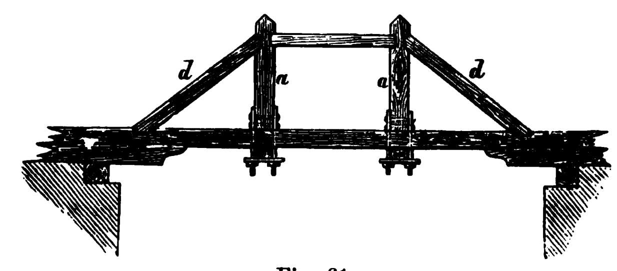


Fig. 61.

eiserne Bolzen (Figur 62) ersetzt werden kann. — Diese Hängesäule wird durch zwei eiserne Schienen, welche an dem

unteren Teile derselben mit Schrauben gehörig befestigt sind, mit den Brückenbalken in Verbindung gebracht. Am untern Ende laufen die Schienen in Schrauben aus, gehen hier durch ein Stück Flacheisen und werden mittelst [entsprechender Schraubenmuttern fest angezogen. In Figur 60 und 61 werden durch die Schienen gleichzeitig Unterzüge festgehalten.

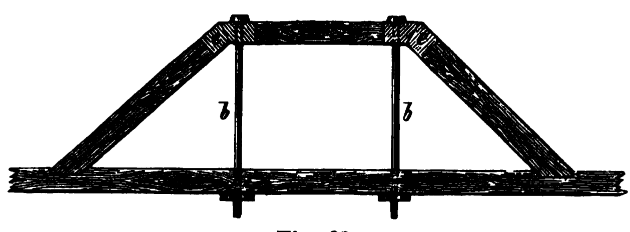


Fig. 62.

b) Gegen die Hängesäule a drücken die Querstreben d, welche in die Brückenbalken und in die Hängesäule eingelassen sind. Diesen Querstreben hat man eine Neigung von etwa 40—45° gegen die Hängesäule zu geben. Um nun letztere nicht zu hoch machen zu müssen, bringt man bei grösseren Spannweiten — wie Figur 61 zeigt — besser zwei Säulen an, welche durch einen „Spannriegel“ verbunden werden. Die Verbindungsflächen (e e der Figur 62) werden zweckmässig mit Blech verkleidet, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhindern. An die Hängesäulen wird noch sogleich zu beiden Seiten das Brückengeländer angeschlossen. Sämtliches Holzwerk zu den Hänge- und Sprengwerken muss von hinlänglicher Stärke und Tragkraft ausgewählt werden. Es ist in der Regel in einer Stärke von 30—35 cm zu beschlagen und vor allem nur gesundes, splintfreies Kernholz zu wählen. Zweckmässig ist es, das Holz nach seiner völligen Austrocknung mit Karbolineum anzustreichen. Auch ein Anstrich mit Kalkwasser und Salz soll zur Trockenhaltung beitragen.

i) Steinbrücken.

§ 52.

Der Bau steinerner Brücken ist zwar dann, wenn es sich um die Überbrückung stärkerer Wasserläufe handelt, in der Regel von geübten Technikern projektieren zu lassen; für einfachere Verhältnisse kann jedoch von dem verwaltenden Forstbeamten sehr wohl verlangt werden, dass er im Stande sei, auch diesem Gegenstande das nötige Verständnis abzugewinnen und selbständig einen solchen Bau zu veranschlagen, resp. seine Ausführung zu überwachen und zu leiten.

Es schien uns daher zweckmässig, über die Erbauung steinerner Brücken die notwendigsten allgemeineren Auseinandersetzungen nicht fehlen zu lassen, um unseren Lesern wenigstens eine gewisse Übersicht zu gewähren.

Massive steinerne Brücken werden sich auch beim Waldwegebau für Überbauung stärkerer Wasserläufe, deren Wassermenge durch einfache oder doppelte Durchlässe mit Steinplatten nicht zu fassen ist, empfehlen, wenn geeignete Steine in der Nähe sind, wenn man es mit Strassen zu tun hat, auf denen beträchtliche Lasten zu bewegen sind und wenn der höhere Kostenaufwand nicht gescheut wird.

Die Dauer solcher Anlagen ist eine sehr bedeutende, Reparaturen und Erneuerungen kommen selten vor, die Sicherheit ist am grössten und die Notwendigkeit besonderer Aufsicht am geringsten.

Die steinernen Brücken werden in der Regel mit zugerichteten Mauersteinen ausgeführt.

Auf zwei Seitenmauern wird ein Gewölbe errichtet, dessen Form verschieden ist. Bei Brücken mit geringer lichter Weite wählt man den Halbkreis als Grundfigur. Hat man jedoch einen stärkeren Wasserlauf zu überbrücken, so würde ein halbkreisförmiges Gewölbe allzuhoch werden und man wäre genötigt, der Wegebahn nach dem Scheitel des Gewölbes hin eine bedeutende Steigung zu geben oder man müsste, um letzteres zu vermeiden, in geringer Höhe ober-

halb des Wasserspiegels den Bogen beginnen, wodurch die Brückenöffnung allzusehr eingeengt würde. Man bevorzugt deshalb bei Brücken mit einer lichten Weite von mehr als 5 m die flache Form der Gewölbe, welcher zwar immer noch ein Kreisbogen, jedoch kein Halbkreis, zu Grunde liegt (Stichbogen).

Bei Konstruktion einer Brücke ist zuvörderst zu untersuchen, wie gross die lichte Weite derselben zu nehmen ist, damit etwaige Hochfluten noch mit genügender Sicherheit und ohne erhebliche Stauungen durchfliessen. Einer Ansammlung von grösseren Fluten vor der Brücke muss vor allen Dingen durch reichliche Bemessung ihrer Weite vorgebeugt werden, damit nicht die Mauern hinterwaschen und zum Einsturz gebracht werden. Die Durchflussöffnung grösser als erforderlich zu machen, ist um deswillen unrätlich, weil dadurch der Kostenaufwand unnötiger Weise vergrössert wird.

Bei den örtlichen Untersuchungen über die grösste Wassermenge, welche die Durchflussöffnung fassen soll, wird zweckmässig ein Querprofil der Flusssohle und der anschliessenden Ufer aufgenommen, wonach durch Berechnung die Querschnittfläche des höchsten Wasserstandes zu ermitteln ist.

In diesen Flächengehalt dividiert man mit der Normalbreite des Gewässers, welche man in der Regel als Lichtweite der Brücke annimmt und erhält somit nach Abzug der Wassertiefe die erforderliche Höhe der Brücke.

Schon vorher ist durch das Nivellement der Wegelinie ersichtlich gemacht worden, wie hoch das Niveau des Wegeplanums über dem Wasserspiegel zu liegen kommen wird.

Ist es nun hiernach zulässig, dem Brückenbogen die Form eines Halbkreises zu geben, ohne dass dadurch der Scheitel allzuhoch zu liegen kommt, so wählt man diese Form als die sicherste und standfähigste. — Ist man hingegen genötigt, einen flacheren Bogen zu wählen, so gilt als Regel, dass derselbe mindestens ein Sechstel des betreffenden Kreises sein muss, in welchem Falle also in Figur 63 die Bogensehne

A B, als Seite eines eingeschriebenen Sechseckes, dem Radius (r) des Kreises, zu welchem A C B als Bogen gehört, gleich ist.

Die Entfernung C D nennt man die Pfeilhöhe; dieselbe ist beim Halbkreisbogen = $^1/_2$ d, beim gedrückten Bogen, welcher $^1/_6$ des Kreises ist, berechnet sich dieselbe zu 0.134 r.* Zwischen diesen beiden äussersten Grenzen schwankt die Pfeilhöhe. Für die Festigkeit des Gewölbes ist nun die Stärke desselben von grossem Einfluss. Diese Stärke ist am Scheitel in dem sogenannten Schlussstein am geringsten, sie nimmt aber zu nach dem tiefsten Punkte des Bogens, wo dieser auf den Widerlagsmauern aufsitzt. Diese letztere Stärke heisst die „Kämpferstärke“.

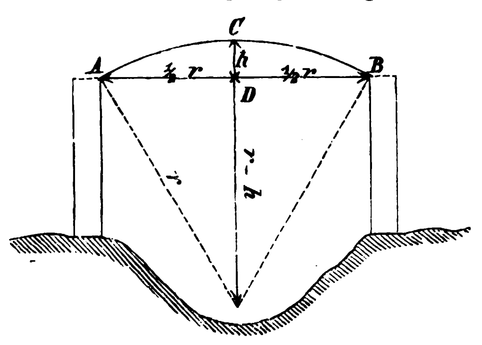


Fig. 63.

Die Bestimmung der Schlusssteinstärke richtet sich nicht nur nach der Spannweite und der Pfeilhöhe des Bogens, sondern auch nach dem Gewicht des Gewölbes und seiner Belastung, der Druckfestigkeit des Bogenmauerwerks etc. Eine Auseinandersetzung der bezüglichen Theorien würde an dieser Stelle zu weit führen, wir begnügen uns daher mit einigen empirischen Angaben:

---

* In Figur 62 ist

$$(r - h)^2 = r^2 - (\frac{r}{2})^2 = r^2 (\frac{3}{4})$$

$$r - h = \frac{r}{2}\sqrt{3};$$

$$h = r (1 - {}^1/_2 \sqrt{3}) = 0{,}134 \text{ r.}$$

Nach der in § 24 entwickelten Näherungsformel $h = \frac{s^2}{8r}$ würde, da hier r = s, sich ergeben $h = \frac{r}{8} = 0{,}125$ r.

Bei einer lichten Weite.	ist die Stärke der Bögen im Scheitel	
	a. beim Halbkreisbogen.	b. beim gedrückten Bogen (Pfeilhöhe bis zu 0,134 der Weite).
bis 2 m	0,40 m	0,50 m
von $2^1/_2$—3 m	0,45 m	0,55 m
von $3^1/_2$—5 m	0,50 m	0,60 m
von $5^1/_2$—8 m	0,60 m	0,70 m

Die vorstehenden Stärken können als Maxima angesehen werden und lassen sich bei nicht zu grossen Belastungen und gutem Material entsprechend verringern. — Bögen über 8 m erhalten im Scheitel eine Stärke von $^1/_{15}$—$^1/_{12}$ der Lichtweite.* Vom Scheitel nach den Widerlagsmauern ist die Stärke der Gewölbe entsprechend zu vergrössern.

Diese Vergrösserung erfolgt nach der Gleichung:

$$d' = \frac{d}{\cos \varphi} \text{ (s. Fig. 64).}$$

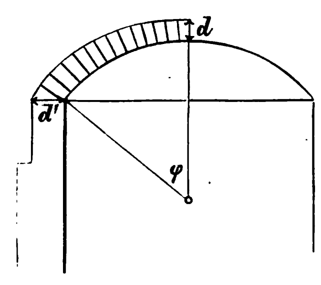


Fig. 64.

Praktisch völlig ausreichend ist es, wenn man die Stärke des Gewölbes an den Widerlagsmauern zu dem $1^1/_2$fachen der Scheitelstärke normiert.

Bei der Ausführung der Gewölbebogen sind die einzelnen Steine so anzuordnen, dass ihre Fugen radial zur Bogenlinie stehen. Dieselben liegen daher alle schräg und würden ohne besondere Vorkehrungen hinabgleiten. Dies wird während des Baues durch das Lehrgerüst vermieden, welches die Form des Bogens hat und als Stütze dient, bis der Schlussstein eingesetzt ist, worauf die aneinander gereihten Steine

* Als Formel gibt der französische Ingenieur Perronet an: d = 0,035 D + 0,32 m, wobei d = Scheitelstärke und D = lichte Weite des Brückenbogens.

ihrer keilförmigen Gestalt wegen nicht nach innen gleiten können und also einander gegenseitig festhalten. Es ist ersichtlich, dass der Bogen des Gewölbes, vermöge seines Gewichtes, wenn er nicht nach unten ausweichen kann, streben wird, sich nach der Seite hin zu neigen; um den dadurch entstandenen Seitenschub zu verhindern, dienen die Widerlagsmauern.

Was die Stärke derselben anlangt, so darf solche nicht zu knapp bemessen werden, weil sonst das Gewölbe sie nach auswärts treibt, so dass sie einstürzen. Ist hingegen die Stärke eine grössere als nötig, so ist Material und Arbeit verschwendet.

Als ungefähren Anhalt für belastete Bögen kann man annehmen, dass die Widerlagsstärke bei

halbkreisförmigen Bögen . . . . $\frac{1}{5} - \frac{1}{5^1/_2}$

flachen Bögen mit einer Pfeilhöhe von mindestens $^1/_4$

der lichten Weite . . . . $\frac{1}{1} - \frac{4}{4^1/_2}$

flachen Bögen mit einer Pfeilhöhe von mindestens $^1/_8$

der lichten Weite . . . . $\frac{1}{3^1/_2} - \frac{1}{4}$

der lichten Weite beträgt.

Bei Widerlagern, die höher als 3 m sind, hat man die oben erhaltenen Stärken noch um $^1/_6$ der Höhe zu vergrössern.

Nachdem der Bauplan für die auszuführende Brücke in Gemässheit der auf lichte Weite, Form des Bogens, Stärke desselben und Dicke der Widerlagsmauern Einfluss ausübenden Momente entworfen und in einem Massstab von 1 : 50 oder 1 : 100 aufgezeichnet ist, dient derselbe für die Ausführung als Anhalt.

Zunächst werden die Widerlagsmauern nach Massgabe des Grundrisses abgesteckt und der Grund ausgehoben. — Hierbei hat man auf eine Tiefe zu gehen, in welcher man entweder auf Fels oder wenigstens auf grobkiesigen Unter-

grund stösst.* — Hat man es mit einem unsicheren, nachgiebigen, moorigen Boden zu tun, so ist entweder ein solider Rost zu legen (§ 51), oder man befestigt den Baugrund durch eine Betonschicht, nötigenfalls nach vorheriger Anlage von Spundwänden (§ 51). Unter Beton versteht man ein Gemenge von hydraulichem Kalk oder Zement, Sand und klein geschlagenen Steinen. Man wählt beispielsweise eine Mischung von 1 Teil Zement und 2 Teilen Sand, welche Stoffe mit Wasser zu einem zähen Brei eingerührt werden. In diese Mischung kommen soviel Steinbrocken, als Sand darin befindlich ist.

Die Steine werden so klein geschlagen, wie man sie zu Deckmaterial auf den Strassen verwendet; sehr geeignet sind Bruchstücke von Backsteinen, sowie grober Flusskies. Die so zusammengesetzte Masse wird in einem Kasten innig vermengt und dann in die Baugrube geschüttet, bis die beabsichtigte Höhe des Fundaments erreicht ist.

Letztere ist in der Regel nicht unter 0,2 m anzunehmen, zu gewöhnlichen Brückenbauten sind 0,75 m zu wählen. Die Betonschicht darf aber nicht auf schlüpfrigen, unsicheren Boden zu liegen kommen, da derselbe sonst durch Unterspülung zum Nachgeben und dadurch die Mauer zum Einstürzen gebracht werden könnte.

Die Beton wird nach kurzer Zeit (etwa 14 Tage) so hart geworden sein, dass mit der Mauerarbeit begonnen werden kann.

Sind die Widerlagsmauern samt den Seitenflügeln in reichlichen Dimensionen bis zu der Höhe, in welcher die Wölbung des Brückenbogens beginnen soll, aufgemauert, was in der gewöhnlichen, hier nicht näher zu beschreibenden Weise mit regelmässig behauenen Steinen und Anwendung guten Mörtels zu erfolgen hat, so wird in der Form des beabsichtigten Bogens das Lehrgerüste aufgeschlagen. Dasselbe

* Für den Entwurf des Planes sind schon vorher Einschläge in den Baugrund zu machen, um zu ermitteln, wie tief derselbe ausgehoben werden muss.



besteht aus den Lehrbögen, welche in Entfernungen von 1 Meter auf Querbalken A B (Figur 65) aufgerichtet werden, die wiederum auf starken bis zur Sohle der Brücke reichenden Pfosten (C, D, E) ruhen. Diese Bögen werden sodann querüber mit Brettern belegt, durch welche die innere Fläche des Brückenbogens dargestellt ist.

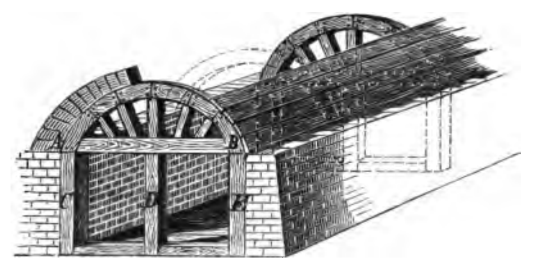


Fig. 65.

Die Aufmauerung beginnt beiderseits von den Widerlagmauern aus und endigt mit Einsetzung des Schlusssteines.

Da hauptsächlich die Verspannung der Gewölbesteine den Halt des Bogens zu bewirken hat, so müssen diese genau zugerichtet sein und es ist namentlich — wie schon bemerkt — nötig, dass ihre Fugen radienförmig nach dem Mittelpunkt des Kreises laufen, von dem der Bogen einen Teil darstellt.

Nach Fertigstellung des Gewölbes und einiger Abtrocknung des Mörtels wird das Lehrgerüste entfernt und nun muss bei guter Ausführung und richtiger Lage der Steine der Bogen sich selbst tragen, auch ohne dass der Mörtel völlig trocken geworden ist. Die Innenfläche des Gewölbes wird noch mit Mörtel glatt ausgestrichen und die Oberseite des Bogens zu grösserem Schutz desselben mit einer Lehmschichte oder einer Decke von Zement versehen.

Gleichzeitig mit dem Gewölbe wird auch noch die Aufmauerung der Flügelmauern vorgenommen, über welche wir auf das in § 49 gesagte Bezug nehmen.*

---

* Ausser den gewölbten steinernen Brücken hat man nun auch noch Brücken von steinernem Unter- und eisernem Oberbau. Ihre Betrachtung würde jedoch die Grenzen, welche unserer Darstellung gesteckt sind, weit überschreiten und es ist auch wohl schwerlich anzu-

4. Abschnitt.

Sicherheitsbauten und Baumpflanzungen an Strassen und Wegen.

a) Sicherheitsbauten.

§ 53.

Bei Wegen im Gebirgslande, welche nach der Talseite eine hohe Böschung haben und längs steilen Abhängen oder reissenden Gewässern hinlaufen, sind zum Schutz und zur Sicherheit des Verkehrs gewisse Vorkehrungen zu treffen, welche darin bestehen, dass längs der Gefahr drohenden Wegseite entweder ein Schutzgeländer oder eine Mauer aufzuführen ist, oder Schutzsteine zu errichten sind.

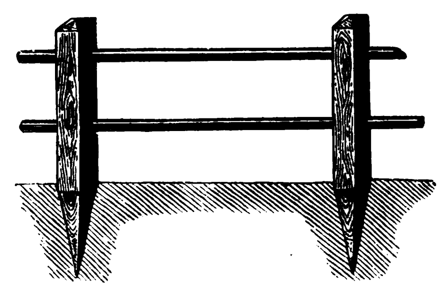


Fig. 66.

Geländer konstruiert man aus Pfosten von festem Holz, welche in 4 m Entfernung einzusetzen sind, mit ihrer Oberfläche 1 m über die Strassenkante emporzuragen haben und mit Riegeln von Rundstangen durchzogen werden. Die Oberkanten der Pfosten werden abgeschrägt, damit die Feuchtigkeit abziehen kann (Figur 66).

Über diese Pfosten kann man auch nach der in Figur 67 ersichtlichen Weise einen sogenannten Holm spannen, wodurch der Halt des Geländers vergrössert wird. Dieser Holm

---

nehmen, dass beim Waldwegebau ein ausgedehnter Gebrauch von dieser Konstruktion gemacht werden möchte.

Eine recht empfehlenswerte einfache Verwendung von Eisen beim Oberbau können ausrangierte, jedoch nicht mit Rissen behaftete Eisenbahnschienen finden, welche zum Ersatz der in § 51 geschilderten Brückenbalken ganz geeignet sind. Ihre Benutzung ist sehr einfach und bedarf keiner weiteren Beschreibung. Statt derselben kann man auch Träger von sogenanntem T-Eisen verwenden.

Gegen das Rosten aller Eisenteile empfiehlt sich Anstrich mit Mennige und demnächst mit Ölfarbe.

erhält ebenfalls schräge Kanten, auf welchen das Wasser abläuft. Wo zwei Holme zusammenstossen, wird ein Blech



Fig. 67.

aufgenagelt, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhüten.

Ebenso streicht man auch nach vollständiger Austrocknung des Geländers dasselbe mit Ölfarbe oder Karbolineum an. Die Pfosten pflegt man am unteren Ende anzukohlen. Solche Geländer werden auch an den Brücken angebracht, wobei man noch eine Befestigung der Pfosten durch Streben (a b der Figur 68) zu bewirken hat.

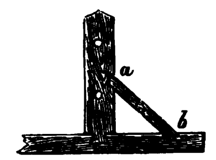
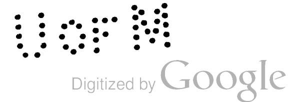


Fig. 68.

Anstatt der hölzernen Pfosten kann man bei dem Geländerbau auch behauene steinerne Säulen anwenden, ebenso lassen sich die hölzernen Riegel durch Eisenstangen ersetzen, auch hat man ganz aus Eisen hergestellte Einfriedigungen. Statt der hölzernen Geländer bringt man steinerne Schutzmauern da, wo geeignete Steine in der Nähe zu haben sind und der höhere Kostenaufwand nicht gescheut zu werden braucht, mit Vorteil an. Diese Schutzmauern sind sehr gebräuchlich auf den Stützmauern, gewissermassen als Erhöhung derselben. Ebenso finden sie ihren Platz als Schutzwehren über Steinbrücken. Damit dieselben den Abzug des Wassers von dem Strassenkörper nicht hindern, spart man von 5 zu 5 Metern eine Oeffnung von etwa 25 Zentimeter lichter Weite am Grund der Mauer aus, welche als Wasserdurchlass dient.

Diese Mauern, welche mit regelmässigen Platten abgedeckt werden, konstruiert man sowohl aus Trockenmauerwerk von rohen Bruchsteinen, als auch von Quadern oder



Backsteinen in Mörtelmauerung je nach dem Grad der beabsichtigten Sorgfalt und der Höhe der aufzuwendenden Mittel. Zu den ferner hierher gehörigen Bauten sind auch schon die Prellsteine zu rechnen, welche man an Kanälen und Brücken beiderseits vor die Schutzmauern einsetzt, um das Fuhrwerk mehr auf die Mitte des Weges hinzuweisen. Um diese Prellsteine ins Auge fallen zu lassen, streicht man sie mit Kalk an. Dass für die Sicherheit des Verkehrs an den Kreuzungspunkten der Waldwege erforderlichen Falles Wegeweiser angebracht werden, entspricht der Ordnung und bedarf kaum der Erwähnung.

b) Baumpflanzungen.

§ 54.

An Waldwegen von grösserer Breite empfiehlt sich — wesentlich aus ästhetischen Rücksichten — die Pflanzung hochstämmiger Bäume. Hierzu wählt man Stämme mit hochangesetzten Kronen und eine nicht zu enge Entfernung (6—8 m) — beides um keine allzugrosse Überschattung der Wegefläche zu verursachen und dadurch die Austrocknung der Fahrbahn zu verhindern.

Sehr empfehlenswert zu derartigen Pflanzungen sind Stämme mit lichtem Baumschlag; im dunklen Nadelwald wählt man gerne die Birke, welche durch ihren hellen Stamm des Nachts wesentlich die Wegerichtung erkennen hilft; auch Eschen, Ahorn, Schwarzpappeln, Vogelbeeren sind beliebt. Von den Eichen verdienen die amerikanischen Roteichen (Q. rubra) eine Empfehlung, da sie infolge der herbstlichen Färbung ihres Laubes einen ausgezeichneten Effekt machen. Will man im Laubwald auf der andern Seite zur Abwechslung ein Nadelholz einsprengen, so ist die Lärche wegen ihrer lichten Benadelung zu empfehlen. In dem freien Stand, den sie als Strassenbaum hat und in dem lockeren Boden der Dammschüttungen pflegt sie auch meistens sehr gut zu wachsen. Obstbäume würden wegen Mangel an genügender Wärme im

Wald wenig prosperieren, auch passen sie hier nicht zu dem Charakter ihrer Umgebung.

Man setzt die Stämme knapp an die Kante des Planums und sorgt da, wo die Pflanzlöcher in Abtragsterrain kommen, wo also die lockere, obere Schicht nicht mehr da ist, für Beschaffung guter Erde. — Jeder Baum erhält einen, vor der Pflanzung selbst einzustossenden tüchtigen Pfahl, an dem er befestigt wird; erforderlichen Falls umbindet man den Fuss des Stammes mit Dornen, legt wohl auch zur Sicherheit einige schwere Steine an denselben.

An der Talseite der Wege Hecken von Fichten oder Weissdorn anzubringen, ist in der Regel nicht geraten, indem dieselben bei einigermassen dichtem Stand den Wasserabzug hindern und somit die Strasse nicht genügend austrocknen lassen.

2. Kapitel.

Veranschlagung der Kosten der Bauausführungen.

a) Allgemeines.

§ 55.

Die Anfertigung genauer Kostenanschläge von auszuführenden Wegebauten macht sich einerseits nötig, um für die geplanten Arbeiten die Bewilligung der erforderlichen Geldsummen zu erlangen, oder um nach Massgabe bereits zur Verfügung stehender Summen bemessen zu können, was und wie viel gebaut werden kann. Andererseits ist es eine bewährte Regel, die Wegebauarbeiten tunlichst im Akkord und nicht im Tagelohn ausführen zu lassen; es muss daher durch den Kostenanschlag ein Anhalt gewonnen werden, um auszuführende Arbeiten an geeignete Unternehmer verdingen zu können. Die Kosten der einzelnen Bauausführungen müssen aber in verschiedenen Lokalitäten variieren, indem die Arbeitslöhne in der einen Gegend höher stehen, als in der anderen.

Es empfiehlt sich daher am meisten, bei Aufstellung von

Tarifen, nach denen Bauausführungskosten berechnet werden sollen, zunächst festzustellen, wie viel durchschnittlich ein Arbeiter täglich von der einen oder der anderen Arbeit auszuführen im Stande ist. — Hat man hiernach festgestellt, wie viel Zeit ein Arbeiter zur Leistung eines Einheitssatzes nötig hat, wie z. B. zum Abgraben eines Kubikmeters von dieser oder jener Bodenart, ist ferner der ortsübliche Lohn bekannt, mit welchem der Arbeiter zufrieden ist, so hat man nur die Arbeitszeit pro Einheitsmass mit dem Tagesarbeitslohn zu multiplizieren und erhält dadurch den Betrag der Kosten jener Arbeitseinheit.

Die durchschnittliche Arbeitszeit eines Arbeiters pflegt man zu 10 Stunden anzunehmen und geht hierbei von der Voraussetzung aus, dass Leute, welche Jahr aus Jahr ein in derselben Beschäftigung arbeiten, sich zufriedengestellt finden, wenn sie im Sommer bei längerer Arbeitszeit über ihren Lebensbedarf verdienen, dahingegen im Winter bei weniger Arbeitsstunden ein etwas knapperes Auskommen finden. Weiss man nun, dass ein Arbeiter in 10 Stunden Arbeitszeit 5 Kubikmeter Erde von einer gewissen Beschaffenheit abgräbt und beträgt der ortsübliche Tagelohn 2 Mark, so wird man leicht berechnen, dass für einen Kubikmeter 2 Stunden gebraucht werden, mithin bei durchschnittlich 10 Stunden Arbeitszeit $^2/_{10}$. 2 Mark = 0,40 Mark als Preis pro Kubikmeter anzusetzen sind. Man hat daher behufs Veranschlagung und Verakkordierung der beim Wegebau gewöhnlich vorkommenden Arbeiten sorgfältige Ermittelungen angestellt, nach welchen sich die Tagesleistungen der Arbeiter bemessen lassen, und hiernach müssen die hauptsächlichsten Kosten der Wegebauausführungen veranschlagt werden.

Die bei dem Wegebau vorkommenden einzelnen Arbeiten sind der Reihe nach in dem 1. Kapitel dieser Abteilung geschildert worden. Sie sind zu zerlegen in folgende Leistungen:

Abräumung der Bauflächen; Lösung der Erd- und Felsmassen; Transport der geförderten Massen; Herstellung des



Oberbaues; Grabenanlagen; Mauer-, Kanal- und Brückenbauten; Sicherheitsbauten und Baumpflanzungen.

b) Kosten der Abräumung der Bauflächen.

§ 56.

Bei gleicher Beschaffenheit des Untergrundes kann die Lösung der Bodenmassen je nach der Art des Bodenüberzuges den verschiedensten Schwierigkeiten unterworfen sein. Es macht z. B. einen grossen Unterschied, ob man in Boden arbeitet, der lediglich mit einer normalen Waldhumusdecke versehen ist, oder ob man Überzüge von Heide und Heidelbeerkraut oder gar Gestrüpp und Wurzeln zu beseitigen hat. Es erscheint daher ratsam, die Kosten des Lösens der Bodenmassen getrennt von denen der Abräumung der Bauflächen zu veranschlagen und wir können nach mannigfachen Erfahrungen für die Beseitigung der vorkommenden einzelnen Hindernisse folgende Sätze mitteilen.

In einer 10stündigen Arbeitsschicht beseitigt ein Arbeiter:

1.	Humusdecke mit Geniste und schwacher Durchwurzelung	100 □ m
2.	oberflächlichen Heideüberzug	50 □ m
3.	dichte Decke von Heidelbeerkraut und Heide	30 □ m
4.	Rasendecke (mit sorgfältiger Abhebung derselben)	25 □ m
5.	schwaches Strauchholz	10 □ m
6.	dichtes Ausschlagholz (inkl. Wurzelrodung)	6 □ m

Hiernach würde bei Annahme eines Tagelohnsatzes von 2 Mark als Preis für das Einheitsmass zu rechnen sein:

1.	pro	□ m	0,02	Mark.
2.	„	„	0,04	„
3.	„	„	0,07	„
4.	„	„	0,08	„
5.	„	„	0,20	„
6.	„	„	0,33	„*

* Kommen auf der Baufläche Stöcke vor, so wird man dieselben



c) Kosten der Lösung und Verebnung der Bodenmassen.

§ 57.

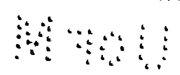
Es ist zweckmässig, beim Waldwegebau die Kosten der Lösung der Erd- und Felsmassen mit denen für Errichtung des gesamten Planums, inkl. des Baues der unteren Böschung zu kombinieren. Ebenso trägt es aus nahe liegenden Gründen zur Vereinfachung des Kostenanschlages wesentlich bei, wenn man für den Transport kleinerer Abtragsüberschüsse, so lange dieselben noch innerhalb der Station der Gewinnung zum Verbauen kommen, keine besonderen Kosten ansetzt, sondern dieselben mit den Lösungskosten zusammenfasst, wobei wir allerdings voraussetzen, dass die Stationen nicht länger als 20 m gemacht worden sind. Unter dieser Annahme können folgende Sätze als erfahrungsmässige Normen angenommen werden.

In einer zehnstündigen Arbeitsschicht kann ein Arbeiter folgende Kubikmassen Erde und Steine lösen, mit der Schaufel bewegen, daraus das Planum und die untere Böschung bauen, sowie auch die Überschüsse innerhalb 20 Meter Transportweite abwärts bewegen:

---

in der Regel ins Raummass aufarbeiten lassen, wobei die üblichen Hauerlohnsätze zur Anwendung gelangen. Öfters finden sich jedoch alte zähe Stöcke von Buchen, Eichen, Tannen etc. im Boden, welche beim früheren Holzabtrieb nicht beseitigt worden sind und nun nach dem für Stockrodung üblichen Lohnsatz nicht entfernt werden können. Für Rodung dieser Art Stöcke empfiehlt es sich, den Akkord nach dem □m der Stammgrundfläche abzuschliessen; man kann bei Handarbeit je nach der, in der Natur der betreffenden Holzarten begründeten Schwierigkeit für eine Tagesschicht 0,2—0,4 □m Stockfläche rechnen und hiernach den Lohn festsetzen. Bei Pulversprengung rechne man $^{2}/_{3}$, bei Anwendung von Dynamit die Hälfte dieser Lohnsätze.

Man vergleiche übrigens hinsichtlich der Kosten des Stockrodens
Baurs Monatsschrift 1878, S. 337 ff.
Dessen Zentralblatt 1880, S. 114 ff.
Wiener Zentralblatt 1882, S. 264 ff.



1. Lockeren Boden ohne Steine, trockenen Sand	7	kbm
2. Festen Sand oder leichten Lehmboden .	6	„
3. Schweren Lehm- und Tonboden mit wenig oder keinen Steinen	4,5	„
4. Leichtsteinigen Boden	4	„
5. Festen Grund, desgl. mit Ton gemengt und loses Gestein	3,5	„
6. Weiche Tagegesteine, welche mit der Spitzhacke zu fördern sind . .	3	„
7. Geschichtete Gesteine, welche gut zu bohren und zu sprengen sind . .	1,5	„
8. Geschichtete Gesteine, welche infolge ihrer Härte schwer zu bohren und zu sprengen sind	1	„
9. Ganz zerklüftete Felsen, welche sehr schwer zu bearbeiten sind . .	0,66—0,50	kbm

Unter Zugrundelegung eines Lohnsatzes von täglich 2 Mark würden sich hiernach als Einheitspreise bei den vorstehend sub 1—9 angegebenen Arbeiten berechnen:

1.	pro	kbm	0,28	Mark.
2.	„	„	0,33	„
3.	„	„	0,44	„
4.	„	„	0,50	„
5.	„	„	0,55	„
6.	„	„	0,66	„
7.	„	„	1,33	„
8.	„	„	2,00	„
9.	„	„	3,00—4,00	Mark.*

* Bei den Sätzen 7—9 ist die Beschaffung von Bohrgeschirr und Sprengmaterial nicht inbegriffen; an Sprengmaterial rechnet man je nach der Härte des Gesteins pro kbm 250—500 Gramm Pulver
oder 120—280 „ Dynamit,
für Unterhaltung des Bohrgeschirrs pro kbm 0,10—0,25 Mark.

Die Schwierigkeit, eine gegebene Boden- oder Gesteinsart in die obigen Abstufungen einzuordnen, kann nur durch örtliche Probearbeiten gelöst werden. Die meiste Unsicherheit bieten die Arbeiten unter pos. 7, 8 und 9. Hier können nur die Erfahrungen, welche man bei wirklich ausgeführten Bauten macht, zur Erlangung eines sicheren Urteils führen. Selbstredend sind hier nötigenfalls noch Zwischenstufen einzuschalten. — Da im gebirgigen Terrain häufig versteckte Felsen vorkommen, oder sich die Gesteine im tieferen Teil des Einschnittes widerstandsfähiger zeigen als an der Oberfläche, so ist es der Vorsicht angemessen, bei Veranschlagung der Bauten zwar die niedrigeren Akkordsätze dem Anschlage zugrunde zu legen, jedoch immerhin einen Zuschlag für unvorhergesehene Fälle in Reserve zu behalten, um die Mittel zu etwaigen Nachzahlungen zur Verfügung zu haben.

d) Transportkosten der gelösten Massen.

§ 58.

Die Bewegung der geringfügigen Abtragsüberschüsse, welche innerhalb einer 20 m langen Station zur Ausgleichung zu transportieren sind, haben wir in die Kosten der Lösung und Planumsherstellung einbegriffen. Es kommen daher nur die Ausgaben für Transporte auf weitere Entfernungen als 20 m inbetracht. Diese Transporte geschehen in der Regel mit einrädrigen Schiebkarren oder Radbarren, auf weitere Entfernungen unter Anwendung zweirädriger Kippkarren, oder unter Benutzung von Wagen und Karren, die mit Zugvieh gefahren werden, endlich wohl auch auf Schienengeleisen.

Beim Transport des Materials sind für die Kostenberechnung drei Faktornen massgebend:

1. das Aufladen,
2. das Fahren selbst und
3. die Entfernung.

Zuvörderst ist zu ermitteln, wie viel Material ein Arbeiter pro Tag aufladen kann; sodann kommt in Betracht, wie viel Kubikmeter das anzuwendende Fuhrwerk fasst, wie oft dasselbe hin- und zurückfahren kann, woraus sich sodann im Zusammenhalt mit den ortsüblichen Löhnen für Arbeit und Fuhrwerk die Transportkosten einer Masseinheit feststellen lassen.

Ein Arbeiter kann in 10 Stunden losgehackte Erde mit der Schaufel aufladen:

a. auf Schieb- und Handkarren ca. 15 kbm
b. auf Pferde- oder Ochsenwagen ca. 12 „

Auf ziemlich ebener Fahrbahn beträgt die Geschwindigkeit eines Pferdes in 1 Sekunde 0,8 m beladen und leer retour 1,0 m, im Mittel also 0,9 m, dagegen die eines Arbeiters, welcher die beladene Schieb- oder Handkarre fährt, in 1 Sekunde 0,5 m und leer retour 1,0 m, im Mittel also 0,75 m. Hat man nun Erdmassen auf eine Entfernung von 100 m mit der Schiebkarre zu transportieren, welche erfahrungsmässig 0,05 kbm fasst, so ist folgendermassen zu rechnen:

Der Weg von 100 m wird zunächst doppelt genommen wegen der Hin- und Herfahrt. Die erhaltenen 200 m, dividiert durch die Geschwindigkeit 0,75, ergeben 267 Sekunden pro Fahrt. Hierzu für das Aufladen (in 10 Stunden 15 kbm, 1 kbm in 40 Minuten, 0,05 kbm in 2 Minuten) 120 Sekunden, macht pro Fahrt 387 Sekunden. Hiermit in die Tagesschicht von 36000 Sekunden dividiert gibt $\frac{36000}{387}$ oder rund 93 Fahrten; da jede derselben zu 0,05 kbm gerechnet werden kann, so entziffert sich eine Tagesleistung von 93 . 0,05 oder 4,65 kbm. Auf ein Kubikmeter kommen daher $\frac{1}{4,65}$ oder 0,215 Tagesschichten und bei einem Satz von 2 Mark Tagelohn würden 0,43 Mark als Kosten des Transportes pro

Kubikmeter auf eine Entfernung von 100 m Länge sich ergeben.*

Auf diese Weise berechnet sich leicht die nachstehende Tabelle:

a. Erdetransport auf Schiebkarren.

Transportweite l	Tägliche Leistung eines Arbeiters	Arbeitsschichten für 1 kbm	Lohnsatz für 1 kbm bei einem Taglohn von		
m	kbm	Tage	2 M.	2,5 M.	3 M.
				Mark	
20	10,4	0,10	0,20	0,25	0,30
40	7,9	0,13	0,26	0,33	0,39
60	6,4	0,16	0,32	0,40	0,48
80	5,4	0,19	0,38	0,48	0,57
100	4,7	0,21	0,43	0,54	0,64
120	4,1	0,24	0,48	0,60	0,72
140	3,7	0,27	0,54	0,68	0,81
160	3,3	0,30	0,60	0,75	0,90
180	3,0	0,33	0,66	0,83	0,99
200	2,8	0,36	0,72	0,90	1,08
250	2,3	0,44	0,88	1,10	1.32
300	2,0	0,51	1,02	1,28	1,53
350	1,7	0,58	1,16	1,45	1,74
400	1,5	0,66	1,32	1,65	1,98
500	1,2	0,81	1,62	2,03	2,43

Bedienen sich die Arbeiter bei ausgedehntem Transport der Laufdielen, so erleichtern sie sich dadurch die Fahrt und können dieselbe schneller zurücklegen; die durchschnittliche Geschwindigkeit pro Sekunde wird daher eine grössere, mithin auch die tägliche Leistung, folgeweise müsste sich der Preis pro kbm verringern. Dasselbe gilt auch für fallende

* Allgemein gilt

Tagesleistung eines Arbeiters in kbm

$$= \frac{36000}{\frac{2\,l}{0{,}75} + 120} \cdot 0{,}05 = \frac{1350}{2\,l + 90} = \frac{675}{l + 45}$$

Hieraus folgt als Arbeitszeit für 1 kbm in Tagesschichten

$$= \frac{l + 45}{675} = (l + 45) \times 0{,}00148.$$

Fahrbahn. In diesen Fällen können daher von den obigen Sätzen etwa 20 % abgesetzt werden. Ein Zusatz von dieser Höhe zu jenen Normalpreisangaben ist aber in dem Falle gerechtfertigt, dass die Massen anhaltend bergauf transportiert werden müssen, was jedoch, wenn tunlich, schon durch geeignetes Treffen der Dispositionen zu vermeiden ist. Wenn man die Entstehung der obigen Ansätze kennt, so ist bei Beobachtung der sekundlichen Geschwindigkeit der Fahrt der entsprechende Preistarif für jeden Fall leicht zu entwerfen. Darüber, wie dies zu bewirken ist, wird die vorhergehende Darstellung hoffentlich genügende Aufklärung gegeben haben.

Für zweirädrige Kippkarren, welche 0,2 Kubikmeter Boden fassen und von zwei Mann zu führen sind, berechnet sich bei der Annahme, dass pro Sekunde ebenfalls durchschnittlich 0,75 m zurückgelegt werden, folgende Leistung, wobei für Aufladen 4 Minuten Aufenthalt zu rechnen sind. Wie früher erörtert, entfallen nämlich auf 10 Stunden 15 kbm, pro kbm also 40 Minuten, demnach für 0,2 Kubikmeter 8 Minuten. In letztere Arbeit teilen sich aber 2 Mann, so dass nur ein Aufenthalt von 4 Minuten für das Aufladen zu jeder Fahrt entsteht.

Die Dauer einer jeden Fahrt berechnet sich, wenn l die Transportweite bedeutet, zu $\frac{2\,l}{0,75} + 240$ Sekunden.

In der 10 stündigen Arbeitsschicht sind daher zu leisten:

$$\frac{36000}{\frac{2\,l}{0,75} + 240} \text{ oder } \frac{27000}{2\,l + 180} \text{ Fahrten.}$$

Mithin beträgt die tägliche Leistung von 2 Arbeitern $\frac{27000}{2\,l + 180}$. 0,2 Kubikmeter; es kommen also auf einen Arbeiter $\frac{1350}{l + 90}$ Kubikmeter und für ein Kubikmeter werden $\frac{l + 90}{1350}$ oder 0,00074 l + 0,067 Tagesschichten erfordert.

Nach dieser Methode berechnet sich die auf nächster Seite folgende Tafel:

b. Erdetransport auf Handkarren.

Transportweite	Tägliche Leistung zweier Arbeiter	Arbeitsschichten für 1 kbm	Lohnsatz für 1 kbm bei einem Tagelohn von		
			2 M.	2,5 M.	3 M.
m	kbm	Tage		Mark	
40	20,8	0,10	0,20	0,25	0,30
60	18,0	0,11	0,22	0,28	0,33
80	16.0	0,13	0,26	0,33	0,39
100	14,2	0,14	0,28	0,35	0,42
150	11,2	0,18	0,36	0,45	0,54
200	9,3	0,21	0,42	0,53	0,63
250	7,9	0,25	0,50	0,63	0,75
300	6,9	0,29	0,58	0,73	0,87
350	6,1	0,33	0,66	0,83	0,99
400	5,5	0,36	0,72	0,90	1,08
450	4,9	0,40	0,80	1,00	1,20
500	4,6	0,44	0,88	1,10	1,32
600	3,9	0,51	1,02	1,28	1,53
700	3,4	0,58	1,16	1,54	1,74
800	3,0	0,66	1,32	1,65	1,98
900	2,7	0,73	1,46	1,83	2,19
1000	2,5	0,81	1,62	2,03	2,43

Auch bei dieser Tabelle gelten die bereits oben beim Transport auf Schiebkarren angegebenen Erhöhungen dieser Sätze bei Transport bergaufwärts, resp. Reduktionen bei Benutzung von Dielenunterlagen.

Es erübrigt nun noch, die Leistungen der mit Zugtieren bespannten Fuhrwerke beim Erdmassentransport näher ins Auge zu fassen, obgleich diese Transportmethode bei den zumeist einfacheren Arbeiten des Waldwegebaues seltener vorkommen wird.

Ein gewöhnliches Fuhrwerk wird nicht mehr als 0,7 kbm Erdmasse aufladen. Bei Zugtieren kann man nur 9 Arbeitsstunden rechnen, da dieselben zur Mittagsfütterung 2 Stunden nötig haben.

Ist die Transportweite l, so beträgt die Länge der bei einer Fahrt zurücklegenden Strecke für Hin- und Rückweg 2 l. Die mittlere Geschwindigkeit der Zugtiere beträgt 0,8 m pro Sekunde; für Aufenthalt beim Abladen und Drehen, sowie Anspannen eines Wechselwagens sind pro Fahrt

höchstens 15 Minuten oder 900 Sekunden in Rechnung zu stellen.

Die Zeit für eine Fahrt beträgt hiernach $\frac{2\,1}{0,8} + 900$ Sekunden. Die 9 stündige Arbeitszeit enthält 32400 Sekunden. Es können daher pro Tag $\frac{32400 \cdot 0,8}{21 + 720}$ Fahrten gemacht und dabei, weil auf jede Fahrt 0,7 kbm kommen, $\frac{32400 \cdot 0,8 \cdot 0,7}{2\,1 + 720} = \frac{9072}{1 + 360}$ Kubikmeter transportiert werden. Auf ein Kubikmeter entfallen daher $\frac{1 + 360}{9072}$ oder 0,00011 l + 0,040 Tageschichten.

Um nach dieser Formel die Kosten des Erdtransports pro Kubikmeter zu berechnen, ist es nötig, zu den gewöhnlichen Kosten des Fuhrwerks nebst Fuhrmann noch den Arbeitslohn desjenigen Mannes beizuschlagen, welcher das Aufladen der Wagen besorgt. Diese Aufladekosten könnte man auch separat pro kbm berechnen und wäre hierbei die Annahme zugrunde zu legen, dass ein Arbeiter täglich 12 kbm aufladen kann.

Mit Hülfe der gegebenen Entwickelungen gelangen wir zu nachstehender Tabelle:

c. Erdtransport auf Wagen mit Spannfuhrwerk.

Transportweite	Tägliche Leistung eines Gespannes	Arbeitsschichten für 1 kbm	Lohnsatz für 1 kbm bei einem Geschirrlohn (inkl. Knecht und Aufläder) von		
m	kbm	Tage	8 M.	10 M.	12 M.
				Mark	
40	22,7	0,044	0,34	0,44	0,53
80	20,6	0,049	0,39	0,49	0,59
100	19,7	0,051	0,41	0,51	0,61
150	17,8	0,057	0,46	0,57	0,68
200	16,2	0,062	0,50	0,62	0,74
250	14,9	0,068	0,54	0,68	0,82
300	13,8	0,073	0,58	0,73	0,87
350	12,8	0,079	0,63	0,79	0,95
400	11,9	0,084	0,67	0,84	1,01
450	11,2	0,090	0,72	0,90	1,08
500	10,5	0,095	0,76	0,95	1,14
600	9,5	0,106	0,85	1,06	1,27
700	8,6	0,117	0,94	1,17	1,40
800	7,8	0,128	1,02	1,28	1,54
900	7,2	0,139	1,11	1,39	1,67
1000	6,6	0,150	1,12	1,50	1,80

Da die Unterlagen für diese Tabelle ebenfalls variieren können, je nach der Leistungsfähigkeit der Geschirre, d. h. nach dem grösseren oder geringeren Kubikinhalt der Lademenge und der Geschwindigkeit ihrer Fahrt, so sind unter Umständen Modifikationen geboten. Da wir uns bestrebt haben, in der Entwickelung der Grundlagen uns der möglichsten Deutlichkeit zu befleissigen, so hoffen wir, den Leser in den Stand gesetzt zu haben, für veränderte Verhältnisse sich leicht selbst einen passenden Tarif zu entwickeln.

Dasselbe gilt für Anwendung von Schienengeleisen, bei welchen die Verbilligung des Transportes in der grösseren Ladungsmasse, welche ein Arbeiter transportieren kann, sowie dem geringeren Zeitaufwand für das Zurücklegen des Hin- und Herwegs besteht.

e) Kosten des Oberbaues.

§ 59.

Für das nochmalige Einfüllen der auf dem Planum bis zum Beginn der Oberbau-Arbeiten entstandenen Vertiefungen dient der Aushub des Materials, an dessen Stelle die Steindecke zu liegen kommt. Die Kosten dieses Nachplanierens sind in den Preis für das Ausheben des Steinbettes einzuschliessen; man ermittelt also den kubischen Inhalt für das Längenmeter und berechnet den Preis nach einem passenden Satz der in § 57 mitgeteilten Tabelle. Hat man z. B. eine 3,5 m breite Steinbahn mit durchschnittlich 15 cm Tiefe zu legen, so berechnet sich für 1 m Länge ein Erdaushub von 0,53 kbm und nach jener Tabelle sub 1 bewältigt ein Arbeiter täglich 7 kbm, in diesem Falle also 13,2 laufende Meter, was für 1 Meter Länge 0,075 Tagesschichten beträgt und bei einem Lohnsatz von 2 Mark einen Preis von 15 Pfennigen für 1 m ergeben würde.

Für das Brechen des zur Steinbahn erforderlichen Materials bietet die in § 57 angegebene Tabelle ebenfalls genügende Anhalte. Insofern man jedoch nicht alles beim Steinbrechen

zu gewinnende Material für den Strassenoberbau gebrauchen kann und die geringeren Bruchsteine öfters nicht benutzbar sind, sondern als Abraum beseitigt werden müssen, können die dort gegebenen Sätze unter Umständen eine Erhöhung von 10—15 % nötig machen. Da man den Steinbedarf nach dem Raum der Steinbahn berechnet und hierbei lockere Steinmassen zugrunde liegen hat, während die in § 57 angegebenen Zahlen sich auf den festen „gewachsenen" Felsboden beziehen, so muss man noch berechnen, wie viel von letzterem zu der losen Masse der Steinbahn erfordert werden. Hierbei ist es ausreichend, einen durchschnittlichen Betrag von 25 % für die Volumenvergrösserung der gebrochenen Steine anzunehmen, so dass also für 5 kbm Steinbahn 4 kbm gewachsener Fels nötig sind; man zahlt hiernach für gebrochene Steine, wenn sie lose gemessen werden, nur $\frac{4}{5}$ jener früher angegebenen Sätze.

Die Kosten des Transports der Steine richten sich nach der Entfernung und es sind hierbei die in § 58 mitgeteilten Sätze zu benutzen. Für die Rabattsteine hat man dadurch zu sorgen, dass man bei der Verdingung der Anlieferung des Steinmaterials mit dem Unternehmer ausmacht, er habe in dem zu liefernden Quantum so viel stärkere Steine anzufahren, dass die nötigen Rabattsteine daraus gewonnen werden können.

Für die Abnahme der angefahrenen Steine ist es nötig, dieselben ins Mass aufzusetzen, wobei für 1 kbm 0,12 Tagesschichten gerechnet werden.

Für Zurichten und Einsetzen der Rabattsteine kann man je nach der hierbei beanspruchten Sorgfalt als Tagesleistung 45—30 laufende Meter rechnen, so dass ein Längenmeter 0,022—0,033 Tagesschicht beansprucht, mithin bei 2 Mark Tagelohn auf 4 bis 7 Pfennige zu veranschlagen ist.

Für Herstellung der Packlage gilt die Erfahrung, dass ein Arbeiter täglich 20—30 Quadratmeter einsetzt, wobei die Höhe der Fahrbahn, da die Steine in einer der beabsichtigten

Höhe entsprechenden Form geliefert werden müssen, keinen Unterschied macht. Auf ein Quadratmeter sind daher 0,05—0,04 Tagesschichten zu rechnen und dasselbe würde bei 2 Mark Tagelohn sich auf 8—10 Pfennig Arbeitslohn stellen. Von den erforderlichen Decksteinen bis zur Grösse von 4—5 cm Würfelkante zerschlägt ein Arbeiter täglich je nach der Härte des Materials

a. weichere (Kalk-) Steine	2	kbm
b. mittelharte Steine	1,5	„
c. harte (Basalt-) Steine	1,0	„

Für Aufbringen und Planieren der Decksteine sind pro kbm 0,12 Tagesschichten anzunehmen.

Bei macadamisierten Wegen ist für Ausheben des Steinbettes, Setzen der Randsteine, Anfahren, Schlagen und Aufbringen des Schotters nach den obigen Sätzen zu rechnen. Bei Kiesdecke ist für regelmässiges Aufbringen und Planieren pro kbm 0,06 Tagesschicht anzusetzen.

Nach diesen einzelnen Arbeitsleistungen ist nunmehr der Ansatz im Ganzen leicht für das Längenmeter zu stellen und hiernach die Arbeit zu vergeben. Ist man über die Höhe des einen oder des andern Preisbetrages im Zweifel, so empfehlen sich örtliche Probearbeiten im Tagelohn unter beständiger Aufsicht, wobei man sehr bald und sicher zu eigenen Erfahrungen gelangt.

Die gesamte Veranschlagung der Herstellungskosten einer Steinbahn hat man folgendermassen zusammenzustellen, z. B. Chaussierung mit 4 m Breite der Packlage:

Das Steinbett 4 m breit, 0,25 m tief auszuheben und den Aushub zur Ausgleichung der Fussbänke zu verwenden für 1 Längenmeter 1 kbm Aushub	0,33 M.
Steinbedarf zu Rabattsteinen und Packlage für 1 mL. 4 m breit, 0,15 m tief = 0,60 kbm oder 0,48 kbm feste Steine. Diese zu brechen, à kbm 0,66 M. . . . =	0,31 „
Übertrag	0,64 M.

Übertrag	0,64 M.
Anfuhre 400 m weit à kbm 0,67 M., macht für 0,60 kbm	0,40 „
Rabattsteine auf beiden Seiten zu setzen für l. m 2 × 0,04	0,08 „
Packlage, nach Abzug der Rabattsteine 3,8 m breit, für 1 □m 0,08, macht für das mL. .	0,30 „
Decksteine 0,10 m hoch, bei 4 m Breite pro l. M. 0,40 kbm; hierzu 0,32 kbm gewachsene Steine zu brechen à 0,66 . . . =	0,21 „
0,40 kbm anzufahren 200 m weit à kbm 0,41 M. . . . . =	0,16 „
0,40 kbm Steine zu schlagen à kbm 1,50 =	0,60 „
0,40 kbm Decksteine aufzubringen, zu planieren und mit Bindemittel zu versehen à 0,24 M. . . . . =	0,10 „
Summa für das Längenmeter	2,49 M.

Die Aufstellung eines analogen Gesamtanschlages für Macadamasierung oder lose Schotterdecke ergibt sich hiernach von selbst und bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

f) Kosten der Wasserableitungsbauten, sowie der Mauern.

§ 60.

α. Kosten der Gräben.

Die Kosten des Aushebens von Wegegräben entziffern sich leicht nach dem kubischen Inhalt derselben. Das Querprofil des Grabens ist ein Trapez und sein Flächeninhalt berechnet sich aus der oberen und unteren Breite B und b, sowie der Höhe h nach der bekannten Formel $\frac{1}{2}h(B + b)$.

Bei Wegen, welche mit Zugrundelegung vollständiger Erdmassenberechnungen gebaut werden, ist — wie früher gezeigt wurde — der Grabenaushub schon bei der Veranschlagung der Abtragsmassen mit berücksichtigt. Ausserdem pflegt man die Erdberechnung auf das Längenmeter vorzu-

nehmen und im Zusammenhalt mit den in § 57 gegebenen Sätzen über die Kosten des Lösens der Bodenmassen veranschlagt man sogleich den Preis, ebenfalls pro Längenmeter, je nach der Beschaffenheit des Bodens. Das Aushubmaterial findet seine Verwendung zur Erhöhung des Wegeplanums oder zur Nachfüllung der Böschung und es kommt für dessen Verbringung kein besonderer Kostenaufwand in Rechnung. Hat ein Graben 1 m obere Weite, 0,3 m Sohlenbreite und 0,35 m Höhe (was einer einfachen Böschung entspricht), so ist das Querprofil = 0,23 □m und das Längenmeter hält 0,23 kbm; sein Aushub kostet also, wenn 1 kbm mit 0,33 Mark anzusetzen ist, 0,08 Mark pro Meter Länge.

Für die gebräuchlichen Grabendimensionen kann man leicht im voraus Tabellen zur Berechnung der Massen und Preise entwerfen, um im gegebenen Fall nur einfach nachschlagen zu müssen.

β. Kosten der Wasserrinnen oder Mulden.

Die in § 46 geschilderten Mulden veranschlagt man in der Regel zunächst auch für das Längenmeter.

Zu diesem Behuf ist zuvörderst die Masse der auszuhebenden Erde zu berechnen. Sodann ermittelt man den erforderlichen Bedarf an Steinen und berechnet die Kosten des Brechens und der Anfuhr. Der Preis für das Einsetzen der Randsteine wird nach § 59 angesetzt und für die Ausführung der Pflasterung hat man anzunehmen, dass ein Arbeiter täglich 10 □m anfertigt, wobei die Verwendung gewöhnlicher Bruchsteine vorausgesetzt wird.

Hiernach lassen sich die Gesamtkosten leicht berechnen. Bestimmt man dieselben für das Längenmeter, so können sie für gleiche Fälle ohne weitere besondere Berechnung Anwendung finden.

γ. Kosten der Sickerdohlen.

Die Gräben, welche die Grundlagen für diese Bauten bilden, werden nach ihren Arbeitskosten auf die unter *α*

angegebene Weise veranschlagt. Für die weitere Herstellung, das Einlegen von Steinen und Gestrüpp sind lokale Erfahrungen nötigenfalls durch Probestücke leicht zu sammeln und es erscheint unnötig, hier speziellere Angaben und Auseinandersetzungen zu liefern.

δ. Kosten der Durchlässe.

Für die Kosten der Herstellung hölzerner Durchlässe sind unmöglich allgemeine Erfahrungszahlen mitzuteilen, da diese Bauten nicht häufig vorkommen und auf die mannigfachste Weise hergestellt werden. Zunächst würde man die Kosten der Grundaushebung berechnen, wozu § 57 die nötige Anleitung gibt. Für den Holzbau ist das Fällen und die Anfuhre getrennt von der Verarbeitung zu berechnen.

Die Kosten der steinernen Durchlässe zerfallen in die Ausgaben:

1. für Grundausheben;
2. für Aufmauerung der Seitenmauern und Widerlager;
3. für Beschaffung und Auflegung der Deckelplatten;
4. für Anfertigung des Grundpflasters.

ad 1 und 4 gelten die Mitteilungen und Ansätze, die in § 57 und 60 β enthalten sind.

Die Gewinnung der Deckelplatten ist hinsichtlich ihrer Leichtigkeit oder Schwierigkeit ganz und gar von den örtlichen (geognostischen) Verhältnissen abhängig und es können dabei nur lokale Erfahrungen aushelfen, welche sich unschwer sammeln lassen.

Die Kosten des Mauerwerks sind nach dem Bedarf an Materialien (Steine und Mörtel), den Kosten der Anfuhre derselben, sowie nach dem Arbeitsaufwand zu berechnen. Für die Bemessung des Bedarfs an Steinen ist zu bemerken, dass auf ein Kubikmeter Mauer 1¼ Kubikmeter Steine zu rechnen sind.

Für ein Kubikmeter Mörtelmauerwerk gehen ¾ Hektoliter Kalk und ¼ Kubikmeter Sand auf.

An Arbeitslöhnen kann man im Durchschnitt etwa den Tagesverdienst eines Arbeiters für 1 Kubikmeter rechnen.*

Ein Beispiel wird die Veranschlagungsweise näher erläutern:

Ein Durchlass von 5 m Länge, 1 m Höhe der Seitenmauern, 0,5 m lichter Weite erfordert, wenn die Mauerflügel in einem Winkel von 45° ablaufen, so dass ihre Basis der Höhe gleich werden, mithin 1 m betragen muss, wenn ferner 1 m tiefes Fundament für die Seiten- und Flügelmauern zu suchen ist und wenn das Mauerwerk 0,5 m Stärke haben soll, folgende Ansätze:

1. Ausheben des Grundes.

Auf 2 (5 × 1/2) + 4 (1 × 1/2) oder 7 □m Mauergrundfläche den Erdboden 1 m tief auszugraben = 7 kbm à 0,5 M. . . . = 3,50 Mark

2. Mauerwerk.

2 (5 . 2 . 0,5) = 10 kbm Seitenmauer
4 (1 . 1,5 . 0,5) = 3 „ Flügelmauer
Sa. 13 kbm Mauerwerk.

Dazu werden erfordert $13 + \frac{13}{4} = 16^1/_4$ kbm Steine.

Diese zu brechen à kbm 2 Mark . . . = 32,50 „
anzufahren à kbm 0,50 Mark . . . . . = 8,25 „
13 kbm Trockenmauerwerk herzustellen à 2 M. = 26,00 „

3. Grundpflaster.

5 × 0,5 = 2,5 □m, 15 cm hoch = 0,375 kbm
Erdaushub à 0,5 Mark . . . . = 0,19 „
$0{;}375 + \frac{0{,}375}{4} = 0{,}40$ kbm Steine zu brechen und anzufahren à 2,50 Mark . . . . . = 1,00 „

Übertrag 71,44 Mark

* Hiernach berechnen sich auch leicht die Kostenansätze für die in § 38 geschilderten Stütz- und Futtermauern.

Übertrag 71,44 Mark

2,50 □m Pflaster à 0,20 Mark . . . . . = 0,50 „

4. Deckelplatten.

5 × 1 = 5 □m inkl. aller Kosten pro □m
5 Mark . . . . = 25,00 „

Summa 96,94 Mark

ε. Kosten der Brücken.

1. Holzbrücken veranschlagt man nach dem Bedarf an Mauerwerk für Seiten- und Flügelmauern in derselben Weise, wie vorstehend bei den Durchlässen angegeben. Ebenso werden auch die Kosten des Fundamentaushebens zugeschlagen. Den Holzbedarf hat man zunächst genau nach dem Plan, nach dem Kubikinhalt, sowie der Anzahl der laufenden Meter zu ermitteln. Man rechnet beim Bauholzzimmern und Aufrichten für 10 laufende Meter etwa eine Tagesschicht, wonach sich die Preisansätze unschwer bilden lassen.

2. Bei Steinbrücken ist Fundamentierung, Aufbau der Stützmauern und Mauerflügel ganz wie sub δ bezeichnet, zu berechnen. Die Kosten der Gewölbemauern sind so zu veranschlagen, dass für ein Quadratmeter Mauer 2—2½ Tagesschichten anzusetzen sind.

g) Kosten der Sicherheitsbauten und Baumpflanzungen.

§ 61.

Für die Schutzmauern kommen die entsprechenden Sätze der für Mauerwerk in § 60 angegebenen Kosten in Anwendung; für die hölzernen Geländer rechnet man 20 laufende Meter bei rohem Holz, 10 laufende Meter hingegen bei beschlagenem Holz als Tagesschicht. Für den Anstrich der Geländer mit Ölfarbe oder Teer sind die ortsüblichen Preise pro Quadratmeter leicht zu ermitteln und hiernach geeignete Ansätze zu bilden. Für Baumpflanzungen gelten die im

Forsthaushalt überhaupt beim Kulturbetrieb üblichen Ansätze z. B. dass ein Mann täglich 10—15 Stück Heister zu setzen und anzupfählen im Stande sei, wobei die Arbeit des Löchermachens, nicht aber die des Pflanzentransports inbegriffen ist.

h) Gesamtkostenanschlag.

§ 62.

Die nach den einzelnen Teilen der Arbeit ermittelten mutmasslichen Kosten werden der Reihe nach in logischer Anordnung zusammengestellt. Wenn, wie dies öfters der Fall sein wird, Grundentschädigungen vorkommen, z. B. bei Übergängen über offene Talgründe (Wiesen), sowie beim Verlassen des Waldes in der Richtung nach dem öffentlichen Weg, an welchen Anschluss gesucht wird, so ist meist Eigentumsübertragung nötig. Die Verhandlungen wegen des Grunderwerbs sind, da Expropriation unzulässig ist, in der Güte zu führen; auch werden besondere Kaufverträge aufgestellt. Die betreffenden Kosten werden in der Regel nicht auf Wegebau, sondern auf das Kapitel Grunderwerb verrechnet.

Bezüglich der Zusammenstellung der Wegebaukosten selbst bevorzugt man folgende Reihenfolge der einzelnen Kapitel:

I. Kosten der Abräumung der Bodenüberzüge

nach Quadratmetern der zu reinigenden Fläche. Hier werden auch die etwaigen Kosten der Rodung von Stöcken veranschlagt.

II. Planierungsarbeiten.

Die Kosten werden mit Bezugnahme auf die beizulegenden Längen- und Querprofile nach den verschiedenen Bodenklassen (Erde oder Fels usw.) spezifiziert.

III. Förderungs- oder Transportarbeiten.

Mit Bezugnahme auf die Dispositionstabelle (§ 34) wird

auseinandergesetzt, welche Massen transportiert werden müssen und auf welche Entfernungen dieselben zu verbringen sind.

IV. Oberbau und Kleinschlag nach Kubik- und Quadratmeter.

V. Kunstbauten an Brücken, Durchlässen usw. nach beizufügenden Rissen und speziellen Anschlägen.

VI. Sicherheitsbauten und Baumpflanzungen.

VII. Insgemein für Vorarbeiten, etwaigen Aufwand bei Vergebung und Leitung des Baues, ferner ein Satz von 2—3 % für unvorhergesehene Fälle, etwaige versteckte Felsen oder sonstige im Laufe des Baues zu Tage tretende Erschwerungen. Manchen Ortes pflegt man auch nach gewissen Prozentsätzen der Bausummen noch eine Vergütung an die Arbeiter für Instandhaltung der Gerätschaften und Werkzeuge zu veranschlagen (1—3 % der betreffenden Positionen). Ein solcher besonderer Ansatz ist in den meisten Fällen bei den einfachen Verhältnissen des Waldwegebaues unbedenklich zu unterlassen und dafür der Berechnung der verschiedenen Accordsätze eine solche Höhe des Tagelohnes zu Grunde zu legen, dass der Arbeiter durch den zu erwartenden Verdienst ausreichend in den Stand gesetzt ist, die Kosten der Beschaffung und Unterhaltung seiner Gerätschaften selbst zu bestreiten.

3. Kapitel.

Form der Wegebauausführungen.

§ 63.

Wie aus unserer früheren Darstellung erhellen dürfte, sollen die Bauausführungen in der Regel in Accord gegeben werden, da Tagelohnsarbeiten sich wegen der damit verbundenen grösseren Lässigkeit und Teilnahmlosigkeit der Arbeiter weniger empfehlen, indem eine unausgesetzte Kon-

trolle und Aufsicht nötig wird, zu welcher nicht immer das Personal vorhanden ist. — Sie sind daher lediglich auf Verhältnisse zu beschränken, bei welchen noch keine genügenden Erfahrungen sowohl von Arbeitern, als auch von Arbeitgebern in Hinsicht auf die auszuführenden Bauten bestehen. Zum Behuf der Abschlüsse von Arbeitsaccorden sind die Ansätze in den Kostenanschlägen allenthalben so reichlich zu bemessen, dass ohne Anstand sich Unternehmer bereit finden, für die veranschlagten Summen die einzelnen Bauteile herzustellen.

Eine unbeschränkte Submission und Vergebung der Arbeiten an die Wenigstnehmenden empfiehlt sich für Waldwegbauten in der Regel nicht.

Es muss behufs fortdauernder Erhaltung der für den ganzen Waldbetrieb so nötigen Arbeitskräfte Grundsatz sein, gewissen ständigen Arbeitern bleibenden Verdienst im Forsthaushalt zu verschaffen und die Wegebauarbeiten eignen sich in der Regel sehr gut dazu, um während der Perioden, in welchen der Holzhauereibetrieb nicht genügende Beschäftigung bietet, den betreffenden Arbeitern eine anderweitige Verdienstquelle zu eröffnen. Bei grösserem Umfang der auszuführenden Waldwegebauten kann es auch geboten sein, eine Anzahl von Arbeitskräften mit einem gewandten Rottenführer als Schachtmeister an der Spitze ständig Jahr aus Jahr ein im Wegebau zu beschäftigen. — Durch öffentliche Submission gelangt man leicht zu dem Resultat, dass Arbeiter die niedrigsten Gebote abgeben, welche man an und für sich am liebsten vom Wald ferne halten möchte.

Es ist daher in der Regel vorzuziehen, die desfallsigen Accorde aus freier Hand abzuschliessen und es finden sich bei einiger Übung sehr bald die passenden Accordsätze für die gebräuchlichen Arbeiten, bei denen sich Unternehmer und Arbeitgeber gut stehen.

Die Leitung der Wegebauausführung liegt am zweckmässigsten in der Hand des verwaltenden Forstbeamten, welcher die örtlichen Verhältnisse genau kennt und durch

seine dienstliche Tätigkeit am leichtesten in der Lage ist, die Kontrolle ständig wahrzunehmen, die Arbeiter in allen Zweifelsfällen mit der erforderlichen Anleitung und Belehrung zu versehen, sowie überhaupt stets rechtzeitig einzugreifen, wo dies nötig wird.

Ist der Umfang der Wegebauten ein ungewöhnlicher, so empfiehlt es sich wohl auch, ausnahmsweise dem leitenden Forstverwalter einen Hülfsbeamten zur Seite zu stellen, welcher nach unserer Auffassung zweckmässig der Klasse der Forstverwaltungs-Anwärter entnommen und auch gleichzeitig neben der Leitung im Bau begriffener Anlagen für die Bearbeitung neuer Projekte benutzt werden kann.

Kräfte des Forstschutzdienstes sind nicht immer hinlänglich durchgebildet und befähigt, um die Projekte so zu durchdringen, dass ihnen eine erspriessliche Leitung des Baues zugemutet werden kann. Zudem ist auch eine damit verbundene andauernde Abhaltung derselben von dem eigentlichen Schutzdienst selten zulässig. Immerhin empfiehlt es sich, die Schutzbeamten in Hinsicht auf ihre Kenntnisse und Fertigkeiten im Wegbau so weit auszubilden, dass sie den auszuführenden Arbeiten mit einigem Verständnis gegenüberstehen. Namentlich kann bei Projektierung von Neuanlagen die genaue Lokalkenntnis dieser Beamtenklasse recht nützlich verwertet werden.

Die Zeit der auszuführenden Wegebauten richtet sich lediglich nach den obwaltenden Zwecken, den verfüglichen Arbeitskräften und sonstigen Umständen. — Hier spielen die örtlichen Verhältnisse eine grosse Rolle und es ist nur darauf aufmerksam zu machen, dass die nötige Vorsicht und Umsicht nicht fehlen darf, so dass insbesondere die rechtzeitige Erledigung der Vorarbeiten und Vorbereitungen eine Hauptaufgabe des leitenden Beamten ist. — Die Rücksicht auf angemessene Beschäftigung der ständigen Waldarbeiter ist für die Zeit der Ausführung ebenfalls von Einfluss. Hat man Sommer und Winter zu arbeiten, so ist mit Umsicht darauf zu halten, dass im Winter die näheren, in milderen Lagen

und an Sonnenseiten befindliche Bauten zur Ausführung gelangen, während für die längeren Arbeitstage der besseren Jahreszeit die entlegeneren Arbeiten reserviert werden. Als passende Winterarbeiten kommen namentlich auch das Brechen und die Anfuhre von Steinen, sowie das Kleinschlagen von Decksteinen in Betracht.

4. Kapitel.

Wegeunterhaltung.

§ 64.

Sobald ein fertiger Weg dem Verkehr übergeben ist, beginnt die Pflicht, für die Unterhaltung desselben zu sorgen und nichts zu unterlassen, was dazu erforderlich ist, um den durch erfolgte Abnutzung gestörten Normalzustand wieder herzustellen.

Die Abnutzung der Wege erfolgt sowohl durch das dieselben passierende Fuhrwerk, als auch durch Regen- und Schneewasser, Auffrieren usw.

Die ständige Fernhaltung eines jeden Übermasses von Feuchtigkeit ist vor allen Dingen durch lüftenden und lichtenden Aushieb der Holzbestände, insbesondere Beseitigung des hereinwachsenden und überhängenden Holzes einzuleiten, wodurch der Sonne und dem Luftzug Eingang verschafft und somit die Austrocknung befördert wird.

Die vorhandenen Wegegräben und Abzugsmulden sowie die Durchlässe sind von Schlamm und Gerölle zu reinigen; bei heftigen Gewittergüssen, sowie beim Abgang des Schnees ist besonders häufige Revision erforderlich, damit das Wasser stets ungehinderten Abzug hat.

Aus den auf den Wegen durch das Fuhrwerk entstandenen Geleisen muss das sich sammelnde Regenwasser seitwärts, entweder nach der Talböschung oder nach den Seitengräben

abgelenkt werden, was durch flache, in die Wegebahn in schiefer Richtung einzuhauende Rinnen geschieht.*

Ausserdem ist es nötig, das Wasser dadurch fortzuschaffen, dass die Geleise und Vertiefungen mit Schottersteinen ausgefüllt werden.

Bei neugebauten Wegen mit Steindecke sind die durch das Fuhrwerk ausgefahrenen Schottersteine immer sobald als möglich wieder einzurechen, ehe sich förmliche Geleise bilden. Die entstehenden unvermeidlichen Unebenheiten müssen mit frischem Schotter ausgeglichen werden, damit die Steinbahn nicht uneben und holperig wird, sondern ihr Normalprofil behält.

Zu diesem Behuf muss immer eine angemessene Menge kleingeschlagener Steine vorrätig sein. Dieselben werden auf besonderen Materialablagerungsplätzen, die man durch örtliche Verbreiterung der Wege erhält, seien es auch nur kleine, in die Bergböschung eingegrabene Nischen, oder auf überbrückten Stellen des Seitengrabens, weniger zweckmässig auf dem Bankett, in regelmässigen prismatischen Haufen von 1 Kubikmeter aufgeschichtet und bis zu ihrer Verwendung aufbewahrt.

Die Menge des zur unausgesetzten Instandhaltung einer Strasse erforderlichen Kleinschlages richtet sich nach der Frequenz und Lage des Weges, sowie nach der Güte des zu verwendenden Materiales. Hinsichtlich der Beschaffung der nötigen Decksteine darf durchaus keine unangebrachte Sparsamkeit obwalten. Namentlich hat man hier einigen Mehraufwand an Brecherlohn, Fuhr- und Zerkleinerungskosten nicht zu scheuen, um die härtesten und dauerhaftesten Steine zu beschaffen, indem eine höhere Ausgabe durch den besseren Halt der aus den harten Steinen gebildeten Decke reichlich ersetzt wird.

* Das in den Strassengräben und Durchlässen abziehende Wasser ist bisweilen zur Bewässerung trockener Waldpartien zu verwenden, indem man dasselbe in flachen Gräben seitwärts lenkt und auf diese Weise das jähe Abfliessen in die Tiefe verhindert.



Diese Schicht der kleingeschlagenen Decksteine muss, sobald sie wesentlich abgenutzt ist, durch zeitweise Erneuerung immer wieder auf ihre ursprüngliche Höhe gebracht werden, damit die Packlage niemals blos gelegt und von den Rädern der Fuhrwerke getroffen wird.

Bei einem umfänglichen Aufbringen der Decksteine ist zuvor der Kot gänzlich von der Strasse abzuziehen und, falls die Oberfläche dadurch sehr glatt werden sollte, die letztere mit der Spitzhaue aufzuhacken, damit sich die neue Decke mit der alten Unterlage besser verbindet. Letzteres geschieht am besten bei etwas feuchter Witterung, wird hingegen bei trockener Witterung oder bei Frost erschwert. Zweckmässig ist auch die Anwendung der Strassenwalze. Kleinere Reparaturen an der Schotterdecke bewirkt man am vorteilhaftesten nach einem Regen, da die sich bildenden Wasserpfützen die Unebenheiten, welche wieder mit Decksteinen auszufüllen sind, am besten angeben. Werden hierbei gleichzeitig die Geleise eingeebnet, so darf der vorhandene Kot und Schlamm nicht mit eingebracht werden, sondern derselbe ist, nach Aussonderung und Ausrechen der Steine, von der Strasse zu entfernen. Bei dieser Strasseninstandhaltung ist die meiste Aufmerksamkeit jenen Strecken zuzuwenden, welche das stärkste Gefälle haben und beim Befahren am meisten beschädigt werden, indem die schweren Fuhrwerke (namentlich beim Einhemmen mit der Kette oder dem Radschuh) die Decke aufreissen und den Kleinschlag auseinanderwerfen, so dass bei Regenwetter das Wasser dann um so grössere Vertiefungen auswäscht. Auf breiten Strassen pflegt man die Bildung der Geleise dadurch zu verhindern, dass man durch aufzulegende Abweissteine (a . . . a der Figur 69) die Fuhrwerke zwingt, die Geleise zu wechseln und diagonal zu überfahren. Diese Methode ist jedoch in der Regel auf den schmaleren Waldwegen nicht anwendbar, da hier kein genügender Raum vorhanden ist und ihre Anwendung den Verkehr immerhin sehr belästigt.

Wege ohne regelmässige Steinbahn leiden beim anhal-

tenden Gebrauch am meisten, indem sich Geleise und Löcher bilden, in denen das Wasser stehen bleibt, was die Fahrbarkeit des Weges mehr oder weniger beeinträchtigt. Auch bei solchen Wegen ist darauf zu sehen, dass sie die ursprüngliche Wölbung behalten, damit das Regen- und Schneewasser immer schnell ablaufen kann. Wenn tunlich sind dieselben bei nassem Wetter gänzlich zu sperren; im übrigen ist mit dem Einfüllen der Geleise und Löcher in der Regel nicht viel geholfen, wenn nicht zur Ausgleichung dieser Unebenheiten klein geschlagenes, hartes Steinmaterial benutzt wird. Es verdient besonders empfohlen zu werden, dass man mit diesen Ausbesserungen nicht erst wartet, bis die Strasse in einen bedenklich schlechten Zustand gekommen ist, sondern dass man möglichst ständig nachhilft, damit die Vertiefungen nicht erst allzugrosse Dimensionen annehmen. Beim Ausfüllen dieser letzteren mit kleingeschlagenem Deckmaterial ist die vorherige Beseitigung des Kotes aus den Löchern und Geleisen nicht zu unterlassen.

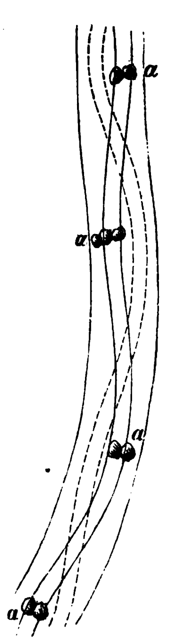


Fig. 69.

Bei gänzlichem Steinmangel oder bei intermittierend benutzten Nebenwegen von untergeordneter Bedeutung kann es auch angezeigt sein, die Wegeausbesserung lediglich mit Faschinen oder Knüppelholz vorzunehmen, worüber in § 43 die nötigen Andeutungen gegeben sind.

Für Sand- und Lehmwege ohne Steinbahn wird zur Beseitigung der entstandenen Unebenheiten die Anwendung des sog. Wegehobels empfohlen. Dieses, von Gutsbesitzer Weber erfundene, in der Zeitschr. f. Forst- u. Jagd-Wesen 1880, S. 550 beschriebene Instrument besteht aus einen etwa 30 cm starken und 1,50 m breiten, vorne abgewölbten Balken, der an der vorderen Unterkante mit einer eisernen

Schneide und einer Vorrichtung zur Bespannung mit Zugtieren versehen ist, während an der hinteren Seite zwei zum Regieren des Instrumentes dienende pflugsterzartige Handhaben angebracht sind. Das Gespann wird so vorgelegt, dass die Schneide nicht rechtwinklig, sondern schief auf die Wegeaxe steht, damit die abgeschürfte Erde besser seitwärts abgeworfen wird.

Zweckmässiger ist der sog. Elbinger Wegehobel, in der Hauptsache aus einem Balkenrahmen bestehend, innerhalb dessen ein Radreifen hochkantig befestigt ist, welcher auf dem Boden hinstreicht und die vorhandenen Erhöhungen hinwegnimmt, welche in die Vertiefungen mit Hilfe des Balkenrahmens verteilt werden. Auch der Elbinger Wegehobel wird mittelst vorgelegten Gespannes fortbewegt. Er kostet nur 15 Mark, während der Weber'sche Wegehobel sich auf 50 Mark stellt. Ausführliche Beschreibung s. in Ztschr. f. Forst- u. Jagd-Wesen 1885 S. 706.

Ein weiterer Wegehobel wird von Wilke in derselben Zeitschrift 1901 S. 96 beschrieben.

Zu den Arbeiten der Strassenunterhaltung gehört auch die Pflege der Alleebäume durch zeitweise Auflockerung des Erdreiches, welches die Umgebung der Stämme bildet und muschelartige Vertiefung desselben, damit das Wasser zu dem Baume gelangen kann, ferner Befestigung der Stämme an die Pfähle und Geraderichten derselben nach vorgekommenen Stürmen, ebenso Instandhaltung des Flechtwerkes um die Bäume (Dornen).

Bei wichtigeren Waldstrassen ist es angemessen, für die Pflege derselben ständige Strassenwärter anzustellen, welche die ihnen zugewiesenen Strecken (6—8 Kilometer) unausgesetzt zu begehen und zu beaufsichtigen, so viel als möglich die erforderlichen Decksteine zu schlagen, die Gräben auszuheben, die Geleise einzuebnen, überhaupt alle vorkommenden Reparaturen zu besorgen haben.

Zweckmässig ist es noch, zu leichterer Ermittelung der ausgeführten Arbeiten, sowie behufs Verteilung der Materialien, solche wichtigen Wege nach gewissen Entfernungen (Kilometer und Zehntel derselben) einzuteilen und mit Einteilungssteinen zu versehen.

Vierte Abteilung.

Die Waldeisenbahnen.*

A. Allgemeine Vorerörterungen.

a) Geschichtliches.

§ 65.

Die Abfuhre des Holzes aus dem Walde dadurch zu erleichtern, dass man Transportanlagen benutzte, auf denen Schienengeleise die Unterlagen für die Wagen bildeten, ist wohl zuerst in Deutschland zu Ende der 1860er Jahre praktisch versucht worden.

Nach den grossen Windbrüchen des Jahres 1868, welche im bayerischen Frankenwald enorme Holzmassen geworfen hatten, wurde im Bezirk Kronach in Franken durch einen Grossholzhändler eine 7 km lange Rollbahn angelegt, auf welcher mit bestem Erfolg beträchtliche Nutzholzmassen aus dem Wald bis zur Flössstrasse befördert wurden.**

Es wurde hier ein Transportmittel in den Wald eingeführt, welches man bei dem Bergbau, sowie in Hüttenwerken und sonstigen Industrien, ebenso auch bei dem Bau von Eisenbahnen zum Materialtransport schon längst angewandt

---

* Der grösste Teil der Zeichnungen zu dem vorliegenden Abschnitt ist nach den Mustern eines Kataloges des Bochumer Vereins für Bergbau und Gussstahlfabrikation mit Zustimmung der Vertretung desselben angefertigt worden.

** Baurs Monatsschrift 1871 S. 3 ff. „Gayer, aus dem fränkischen Walde“.

hatte, nachdem bereits in den 1830er Jahren die ersten öffentlichen Eisenbahnen in Deutschland erbaut worden waren.

Einen weiteren Anstoss zur Benutzung von Schienengeleisen ergab die Herstellung der sog. transportablen Geleise durch den Franzosen Décauville, welche zunächst in Frankreich in landwirtschaftlichen Betrieben vielfach Anwendung fanden, jedoch auch bald in Deutschland eingeführt wurden, wo verschiedene Firmen dem Bau von solchen Bahnen sich zuwandten und mancherlei Verbesserungen anbrachten.

Die Einführung grösserer Anlagen in den Wald erfolgte in Deutschland in grösserem Massstab in den Preussischen Staatsforsten, und zwar zuerst im gebirgigen Gebiet, in der Oberförsterei Rumbeck in Westfalen (1882/83). Die Anlage in Forsten der Ebene (Grimnitz, Jävenitz, Annaburg, Glücksburg, Kottenforst, Dingken und Schmalleningken, Eggesin, Mützelburg) folgten bis Ende der 1880er Jahre. Auch in Elsass-Lothringen wurden grössere Anlagen im Gebirge, insbesondere in den Oberförstereien Schirmeck, Barr, St. Quirin und Alberschweiler ausgeführt. Hervorragende Dienste hat die Benutzung von Waldeisenbahnen bei Verwertung des Holzeinschlags in den von der Nonne befallenen bayerischen Forstämtern in der Nähe von München, sowie in dem vom Kiefernspanner befallenen Nürnberger Reichswald, desgleichen bei ungewöhnlichem Windbruchholzanfall in den Vogesen geleistet. In grösseren Privatforstverwaltungen sind ebenfalls, allerdings mehr in ebenem Gelände (Schlesien), grössere Waldeisenbahnen zur Ausführung gelangt.

Bei Aufschluss grösserer Waldkörper hat es sich ergeben, dass die Anlage von festen Bahngeleisen, welche dauernd benutzt werden, in erster Linie in Betracht kommt und dass daneben noch transportable Bahnen (fliegende Geleise) zur Verbindung der Jahresschläge mit den Haupt- oder Stammgeleisen zur Anwendung zu gelangen haben.

b) Bedeutung, Voraussetzungen für die Rentabilität.

§ 66.

Die Bedeutung der Waldeisenbahnen liegt in der durch dieselben herbeigeführten Verbilligung und Beschleunigung des Transportes grösserer Holzmassen.

Die verminderte Reibung der Räder auf den Eisenschienen gestattet die Bewältigung grösserer Lasten als bei dem Transport auf Wegen und Strassen.

Die Bedeutung der Reibungswiderstände für den Transport ist in Note 1 des Anhangs ausführlich erörtert. Die bezüglichen Zahlen, welche dort mitgeteilt sind, geben an, welcher Bruchteil der Last als Kraft für die Beförderung auf den verschiedenen Fahrbahnen erforderlich ist. Es beträgt diese Verhältniszahl bei Eisenbahnen $^1/_{300}$—$^1/_{200}$, bei besten Strassen hingegen $^1/_{50}$, bei Waldstrassen etwa $^1/_{20}$, bei gewöhnlichen Erdwegen sogar $^1/_8$.

Es geht daraus hervor, dass mittelst der nämlichen Zugskraft auf einer Waldbahn das Zehnfache an Last gegenüber der Beförderung auf einer Waldstrasse geleistet wird und es ist hieraus leicht abzunehmen, um wie viel billiger der Transport im ersteren Falle bewerkstelligt werden kann.

Die für die Anlage von Waldbahnen erforderlichen Kapitalaufwendungen sind keineswegs so erhebliche, dass die Verzinsung und Tilgung derselben die geschilderten Ersparnisse an Transportkosten wieder ausgliche.

Die erwähnte Waldeisenbahn in Rumbeck erforderte für die Beschaffung der Geleise und des rollenden Materials für das laufende Meter nur 4 M. 32 Pf., woneben noch die Kosten für Planierung der Strecke und für Legung des Geleises hinzukamen.*

Da ein Waldweg breiter angelegt werden muss, als eine Waldbahn, so werden die Kosten für Herstellung des Planums im letzteren Falle immer billiger sein, als im ersteren.

---

* s. Preussens landwirtschaftliche Verwaltung 1884—1887, Berlin 1888 S. 185.

Auch könnte man die geringere Inanspruchnahme von Waldbodenfläche und die dadurch bedingte mindere Schmälerung der Holzproduktion zugunsten der Waldbahnen in Anschlag bringen.

Die Kosten der Chaussierung eines Weges werden bei teuerem Bezug des Steinmaterials sich nicht niedriger stellen, als die Beschaffung der Geleise und Schwellen sowie der Transporteinrichtungen. Besonders aber fällt noch der geringere Aufwand an Unterhaltungskosten, gegenüber den Waldwegen ins Gewicht. Übrigens können transportable Geleise in manchem Forsthaushalt neben dem Holztransport auch für die Materialbeförderung bei Strassenbauten, Wiesenmeliorationen und ähnliche Arbeiten sehr gute Verwendung finden.

Die Voraussetzungen für eine genügende Verzinsung der Anlagekosten einer Waldeisenbahn werden vor allem vorhanden sein, wenn es sich um grössere Waldkörper handelt, deren Produktion vom Lokalmarkt nicht völlig aufgenommen wird, so dass sich erhebliche Überschüsse an wertvollem Handelsholz für den Absatz an Grosskäufer nachhaltig herausstellen. Wichtig ist ferner, dass man diesen Absatz nach einer einzigen bestimmten Richtung hin zu erwarten hat und dass mit der Bahnanlage Anschluss an Holzablagen, oder an Bahnhöfe, sowohl auch an Sägewerke oder an Flössstrassen gewonnen wird.

Besonders in das Gewicht fallend ist es noch, dass der Waldbahnbetrieb mit rascher Abfuhr der Hölzer die prompte Lieferung derselben auch bei ungünstiger Witterung verbürgt, was für die Holzkäufer von hohem Wert ist. Auch kommt die Gelegenheit zu Unterschleifen und zu Differenzen mit den Holzfuhrleuten in Wegfall.

In noch nicht aufgeschlossenen, grösseren Waldgebieten wird man an die Legung eines Netzes von Schienenbahnen am ersten zu denken haben.

In parzelliertem Besitz, bei gutem Lokalabsatz, in Betrieben mit geringwertigen Erträgen (Mittel- und Nieder-

wald) wird man hingegen Waldeisenbahnen nicht anlegen, ebensowenig in Gebieten, welche durch ein systematisches Wegenetz bereits aufgeschlossen sind und in denen die nötigen Fuhrwerkskräfte nicht fehlen.*

B. Feststellung der Bahnlinien und Herstellung des Bahnkörpers.

a) Linienfeststellung.

§ 67.

Es wird in ebenem Gelände eine Legung der Eisenbahn auf die vorhandenen Einteilungslinien, oder die im Walde vorhandenen Abfuhrwege meist zu ermöglichen sein, so dass in diesem Falle die Aufsuchung der zweckmässigsten Richtung sich in nichts von der Feststellung der besten, in der Regel die gerade Linie verfolgenden Richtung für Fahrwege unterscheidet.

Im Berglande wird die möglichste Einhaltung der geraden Linie ebenfalls anzustreben sein. Sie hat den Vorteil, dass die Abnutzung des rollenden Materials hierbei die geringste ist. Doch lässt sich die Benutzung von Krümmungen nie ganz vermeiden. Je grösser der Kurvenhalbmesser gewählt werden kann, desto besser. Als formelmässiger Ausdruck für den Minimalradius bei Langholztransport würde der in § 23 ermittelte Wert von $R = \frac{L^2}{8B}$ inbetracht kommen, da die Drehungsfähigkeit der Wagenschemel, auf denen die Langhölzer befestigt sind, eine sehr bedeutende ist. Der Wert von B würde hier der Breite des Planums samt Graben entsprechen. Es wird nach praktischen Erfahrungen empfohlen, unter einen Radius von 20 Meter bei Bahnen, die der Beförderung von Langholz dienen sollen, nicht herunterzugehen,

* Ausführliche Betrachtungen über die Voraussetzungen für Anlage von Waldbahnen liefert Dotzel im Forstw. Zentralblatt 1900, S. 389 ff. „Statische Betrachtungen über die schmalspurigen Eisenbahnen“.

wogegen bei Beförderung kurzer Hölzer (Brennholz und Sägebloche) ein Radius von 8 m genügt.

Das Maximalgefälle soll man im allgemeinen nicht höher als 5% annehmen, um bei Bergauffahrt dasselbe noch ohne zu starke Inanspruchnahme der Zugkräfte überwinden zu können und bei Bergabfahrt nicht durch die Notwendigkeit starken Bremsens eine zu hohe Abnutzung der Räder und Schienen herbeizuführen.*

Gleichmässige Verteilung der Steigung, Vermeidung allen Gegengefälles gilt als Regel.

Im Übrigen erfolgt die Festlegung der Bahnlinie genau nach denselben Regeln, wie die Aufsuchung und Feststellung eines Wegezuges.

Hauptsächlich wird es sich um die Aufschliessung der Talzüge durch Hauptlinien handeln; vorhandene Wege, die sich zur Hereinziehung in die Bahnlinie eignen, wird man benutzen; die Beförderung des Holzes aus Seitentälern wird mittelst transportabler Bahnen angeschlossen.

Bezüglich der letzteren, die nur vorübergehend benutzt werden, kann die Linienführung eine etwas weniger sorgfältige sein; auch wird man es auf solchen kürzeren Strecken mit Einhaltung des Maximalgefälles nicht so genau nehmen, wie auf den Haupt- oder Stammbahnen.

In steilem Gelände mit hohen Bergwänden und darüber befindlichen Plateaux könnte die Anlage von Waldbahnen in zwei Etagen inbetracht kommen, wobei die Verbindung der höhern Linie mit der tiefern (Tallinie) mittelst eines Bremsberges erfolgen müsste. Ein solcher Bremsberg besteht in der Anlage zweier Schienengeleise in der Richtung des stärksten Gefälles eines Berges derart, dass der heruntergleitende beladene Wagen den leeren Wagen hinaufzieht, indem beide mit einem Drahtseil verbunden sind, welches am

* In der Oberförsterei Schirmeck im Elsass ist man allerdings bis auf 7% Steigung gegangen, ohne beim Betrieb auf Schwierigkeiten zu stossen, s. „Bierau, die festen Waldbahnen im Gebirge“ Allg. F. u. J.-Ztg. 1888 S. 337 ff.

oberen Endpunkt über eine Seiltrommel abläuft. Die Regelung der Fahrtgeschwindigkeit erfolgt durch Anwendung einer Bremsvorrichtung, durch welche die Umdrehung dieser Trommel aufgehalten werden kann.*

b) Herstellung des Bahnkörpers.

§ 68.

Die Arbeiten für den Bau des Planums fester Bahnanlagen weichen in keiner Weise von denjenigen ab, die zur Herstellung eines Fahrweges erforderlich sind.

Die Aufnahme eines genauen Längenprofils wird zur Erlangung einer guten Darstellung der Gefälleverhältnisse und zur sorgfältigen Ausgleichung etwaiger Wechsel sich sehr empfehlen. Dass die richtige Veranschlagung der Baukosten am besten mittelst Aufnahme der Querprofile und demnächstiger Erdmassenberechnung vorgenommen wird, bedarf keiner besonderen Erörterung. Es ist bei Herstellung des Wegekörpers auf trockene Lage und im Gebirge auf eine genügende Isolierung desselben von den Berghängen mittelst Gräben Bedacht zu nehmen.

Zur Einbettung der Geleise und Schienen ist die Gewinnung einer trockenen Unterlage durch Herbeischaffung einer Kiesdecke im feuchten Boden nicht zu unterlassen. Im Übrigen wird wegen der Bauarbeiten, insbesondere auch wegen Sicherung der Dammböschungen auf §§ 36 und 38 Bezug genommen.

Dass die Breite des Planums hinter derjenigen eines Waldweges von einiger Bedeutung zurückbleiben kann, wurde schon in § 66 angedeutet; über höchstens 2,5 Meter braucht dieselbe nicht hinauszugehen.

Für die Herstellung des Unterbaues zu den beweglichen Bahnen bedarf es nur eines Minimums von Erdarbeiten behufs Einebnung der Schienenunterlage derart, dass die beiden

---

* Über Anlage eines Bremsberges s. Forstw. Zentralblatt 1902, S. 26, Mantel, „Eine Bremsberganlage zur Steinförderung“.

Schienen in gleiche Höhe zu liegen kommen, wogegen eine sorgfältige Ausgleichung des Längengefälles unterbleibt.

C. Oberbau.

a) Die Schienen.

§ 69.

Nach den bei dem Betrieb der gewöhnlichen Eisenbahnen gemachten Erfahrungen kann bei den Waldeisenbahnen kein anderes Schienensystem in Frage kommen, als dasjenige der s. g. Vignolschiene (Figur 70), so genannt nach ihrem Erfinder, dem Engländer Vignole, mit hinlänglich breitem Fuss, nicht zu hohem Steg und kräftigem Kopf, aus bestem Bessemer-Gussstahl mit einem Gewicht bis zu 16 kg für das Meter für feste Geleise unter schwierigen Verhältnissen (starkes Gefälle, enge Kurven), auf denen bei dem Transport stärkster Lasten eine hohe Tragfähigkeit und Widerstandskraft vorausgesetzt wird. Bei beweglichem Geleise kann sehr wohl auf ein Gewicht von 7 kg für das Meter zurückgegangen werden.



Fig. 70.

Man legt zwei Spuren mit einem Abstand der Schienenköpfe (Spurweite) von 600—700 mm; erstere ist in Deutschland die gebräuchlichste.

Ein System einschieniger Bahnen ist in Frankreich erfunden und daselbst, sowie in den Kolonien praktisch in Anwendung gebracht worden. Dasselbe wird von dem Märkischen Industrie- und Handelssyndikat in Berlin empfohlen und könnte für Ausbringung von Hölzern aus engen Schluchten in Betracht kommen. Sein Vorzug besteht darin, dass es kaum Planierungsarbeiten, ebensowenig Schwellen usw. beansprucht und dass der Transport auch in sehr engen Kurven gut bewerkstelligt werden kann.

b) Schwellen.

§ 70.

Die Befestigung der Schienen erfolgt bei festen Bahnen im Walde am zweckmässigsten auf Holzquerschwellen, zu denen wenn möglich Eichenholz, welches der Imprägnierung nicht bedarf, verwendet wird.

Buchen- oder Kiefernschwellen werden am besten mit Teeröl imprägniert. Lärchenschwellen sind ebenfalls zu empfehlen, hingegen keinenfalls Fichten.

Die Schwellenlänge ist 1 m, die untere Breite 20 cm, die Höhe 15 cm; die obere Breite kann mit Rücksicht auf die zulässige Wahnkante auf 15 cm heruntergehen. Die Holzschwelle hat bekanntlich den Vorzug der grösseren Elastizität gegenüber der Stahlschwelle, wodurch eine bessere Schonung des rollenden Materials herbeigeführt wird.

Für bewegliche Bahnen empfiehlt sich die Verwendung hölzerner Schwellen nicht, vielmehr ist hier bei der Notwendigkeit öfteren Umlegens der Geleise die Anwendung von Stahlschwellen, mit denen die Schienen in feste Verbindung kommen, zweckmässig. Für feste Bahnen auf vorhandenen Strassen kommen eiserne Langschwellen zur Anwendung.

c) Verlegung der festen Bahngeleise.

§ 71.

Nachdem auf dem Bahnkörper die Schwellen unter gehöriger Einbettung in trockenes Unterlagsmaterial in Entfernungen von 80 cm gelegt sind, werden auf dieselben die Schienen in der gewünschten Spurweite durch eiserne Hakennägel oder Schrauben (s. g. Tirefonds) (Figur 71) befestigt.

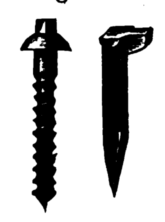


Fig. 71.

Die letztere Befestigungsart ist sicherer gegen das Verschieben der Schwellen; auch leiden die letzteren mehr durch die sie spaltenden Nägel, als durch die Schrauben; erstere

werden zudem bald locker und sind schwerer wieder zu befestigen als Schrauben, die man leicht wieder anziehen kann.

Die Verbindung der Schienen untereinander erfolgt je durch zwei 4 fach durchlochte stählerne Laschen, die durch vier Laschenbolzen mit Nietköpfen am einen und durch Schrauben nebst zugehörigen Schraubenmuttern am anderen Ende in ihrer Lage zu beiden Seiten der Schienen festgehalten werden (Figur 72).

Die Schraubenmuttern lässt man zweckmässig auf der inneren Seite der Geleise anbringen, da sie sich auf diese Weise am leichtesten übersehen und nötigenfalls immer wieder anziehen lassen.

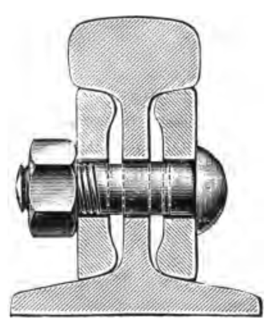


Fig. 72.

Zwischen den Enden zweier aufeinander folgenden Schienen bleibt etwa 1 cm Zwischenraum, wegen des Ausdehnens derselben bei grösserer Wärme. Mit Rücksicht darauf müssen auch die Bolzenlöcher reichlich gross (elliptisch) sein.

Die in die Kurven zu verlegenden Schienen werden entsprechend gebogen, was während des Legens mittelst s. g. Biegemaschienen geschieht.

In den Kurven ist die äussere Schiene etwas höher als die innere zu legen (Überhöhung); ebenso tritt eine kleine Spurerweiterung ein, letzteres zur Ermässigung des Horizontalschubs, der durch die Wagen veranlasst wird, ersteres, um der Zentrifugalkraft entgegenzuwirken.

Die Verbindung der Schienen kann mittelst des schwebenden Stosses, derart dass die Verbindungsstelle nicht auf einer Schwelle, sondern zwischen Zweien liegt, hergestellt werden (Figur 73).

Es vermittelt dies eine geringere Erschütterung und eine verminderte Abnutzung sowohl der Schienen als auch der Fahrzeuge, wie bei dem s. g. festen Stoss.

Zur Vermeidung des öfteren Stosses dient die Verwendung langer Geleise (6—8 m Schienenlänge).



Fig. 73.

Man beginnt mit dem Verlegen am Ausgangspunkt der Bahn, um auf dem fertigen Geleise alsbald unter Anwendung der Bahnwagen das nötige Material weiter transportieren zu können.

d) Bewegliche Geleise.

§ 72.

Für die Herstellung der fliegenden, oder beweglichen (transportablen) Geleise kommen fertige Joche (Rahmen) mit eisernen Schwellen zur Anwendung, welche von den Fabriken fertig montiert geliefert werden. Zur leichteren Handhabung derselben wählt man kürzere Längen (2—3 m).

Mittelst kurzer Joche lässt sich auch eine Kurve von weiterem Radius verlegen, ohne dass ein Biegen der Schienen nötig wird.

Die Befestigung der Schienen auf den Schwellen, von denen auf je 1 m Geleis eine kommt, erfolgt mittelst Hakenschrauben.

Die Stossverbindung der einzelnen Joche erfolgt am solidesten ebenfalls durch Laschen und Bolzen, wie bei den festen Bahnen.

Doch hat man auch einfachere Verbindungen mittelst Schuhen oder Haken, in welchem Falle der Anfang einer

Schiene immer in das Ende der nächsten eingreift, bezw. eingefügt wird. (Figur 74 u. 75).

Dass Verlegen der Rahmen erfolgt so, dass man die Waldbahnwagen, mit denselben beladen, immer nach

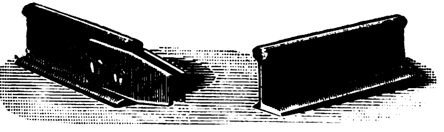


Fig. 74.



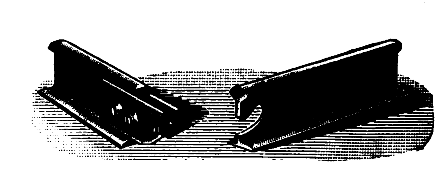


Fig. 75.

dem verlegten Geleise vorschiebt, worauf die Arbeiter die Rahmen von den Wagen nehmen und das Geleise verlängern (Figur 76).



Fig. 76.

Der leere Wagen wird demnächst aus dem Geleise entfernt und ein beladener Wagen nachgeschoben.

Das vorbeschriebene Jochsystem verwirft Forstmeister Bierau in Schirmeck, welcher auf dem Gebiete der Waldeisenbahnen im Gebirge sehr ausgedehnte Erfahrungen gemacht hat, vollständig für Kurven, insbesondere bei starkem Gefälle der Bahn, ganz besonders wegen der mangelnden Spurerweiterung. Er schlägt daher ein System ohne Joche und Schwellen vor, bei welchen die Schienen direkt auf den

Boden gelegt und nur durch starke Spurstangen verbunden werden* (Figur 77).

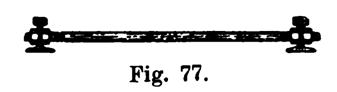


Fig. 77.

Hierbei werden s. g. Winkellaschen verwendet, welche nach unten senkrecht unter die Schiene hervorragen und in den Boden etwas eingegraben werden müssen (Figur 78). Die Schiene wählt man zur Verminderung der Verbindungsstelle (Stösse) möglichst lang, soweit nicht Kurven in Betracht kommen, bei denen die Anwendung kürzerer Schienen geboten ist.

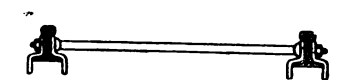


Fig. 78.

Dieses System Bierau hat sich in der Oberförsterei Schirmeck vorzüglich bewährt und scheint alle Beachtung zu verdienen.

Allerdings erfolgt der Bahnbetrieb in Schirmeck mittelst Lokomotiven, wobei die Spurstangen nicht lästig werden. Bei Fuhrwerksbetrieb könnten dieselben wohl für den Verkehr der Zugtiere sich als unangenehm erweisen.

e) Weichen und Uebergänge.

§ 73.

Man unterscheidet Schleppweichen, Zungenweichen und Kletterweichen. Erstere werden durch Verschieben eines s. g. Schlepprahmens umgestellt, welcher vor die Fortsetzung des Geleises gebracht wird (Figur 79). Bei



Fig. 79.

* s. Allg. F. u. J.-Ztg. 1899 S. 325 ff. „Verlegbare Bahnen ohne Lang- und Querschwellen“, sowie daselbst 1902 S. 185 ff. „Betriebsergebnisse der verlegbaren Bahnen in den Staatswaldungen der Oberförsterei Schirmeck.

den Zungenweichen sind zwei schmal zulaufende Schienen (Zungen) zu einem Rahmen verbunden, der an das Geleise angepresst wird. Sie sind nur für einflanschige Räder zu gebrauchen, während die Schleppweichen auch für doppelflanschige Räder passen (Fig. 80).

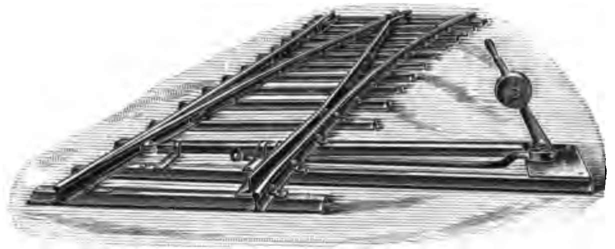


Fig. 80.

Kletterweichen werden auf das Geleise aufgelegt; sie dienen besonders zum Anschluss eines beweglichen Geleises an ein festes. Die aufzulegenden Schienen eines Rahmens laufen an den Enden scharf in Zungen aus, welche sich auf die Schienen auflegen, nicht wie bei den Zungenweichen seitlich anschmiegen. Damit das Hauptgeleise nicht versperrt wird, muss die Kletterweiche nach gemachtem Gebrauch wieder abgehoben werden (Figur 81).

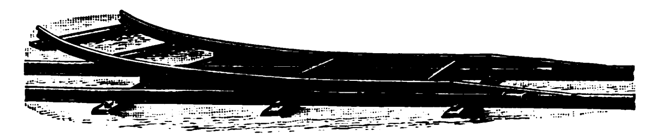


Fig. 81.

Eine sich selbsttätig durch die Räder der anfahrenden Wagen stellende Bremse wurde von Dolberg angegeben.*

Feste Weichen können unter Umständen angemessen sein, z. B. auf Bahnen, in denen an bestimmten Stellen ein seitliches Ausweichen der sich begegnenden Wagen ermöglicht werden soll.

Uebergänge von Waldbahnen über ein anderes Geleise hinweg können mittelst Drehscheiben hergestellt werden,

* s. Runnebaum, die Waldeisenbahnen S. 57.

deren Verwendung eine so seltene ist, dass die Beschreibung übergangen werden kann.

Führt ein Bahngeleise quer über einen Weg hinweg, so müssen entweder die Schienen entsprechend tief gelegt werden, sodass sie unterhalb der Höhe des Weges sich befinden, oder es muss zwischen den Schienen eine Erhöhung der Wegkrone stattfinden (z. B. durch eingelegte Bohlen) und es hat eine schiefe Ebene, ebenfalls von Holz, den Anstieg der Fuhrwerke von der Strasse bis zur Höhe der durch das Holzwerk geschützten Schienen zu vermitteln. Eine solche Vorrichtung nennt man „Schienenbrücke".

D. Rollendes Material.

a) Allgemeines.

§ 74.

Für die festen Bahnlinien, welche regelmässig und gewöhnlich zum Transport grösserer Holzmengen benutzt werden sollen, sind kräftige Wagen angemessen, wenn auch dabei die grössere Schwere derselben in den Kauf genommen werden muss. Hier findet der Transport mittelst Fuhrwerk, oder gar Lokomotiven statt, sodass die Lastenbeförderung keine Schwierigkeiten bereitet.

Anders bei den beweglichen Bahnen, bei welchen wegen des öfteren Transportes der Wagen von einer Stelle zur andern die Leichtigkeit eine grosse Rolle spielt, wenn auch die entsprechende Dauerhaftigkeit nicht fehlen darf.

b) Räder und Achsen.

§ 75.

Beide werden aus Gussstahl hergestellt, welcher bei geringstem Materialaufwand die grösste Haltbarkeit verbürgt. Die Räder konstruiert man meist einflanschig, seltener mit zwei Flanschen. Letztere gewähren mehr Reibung und dadurch eine grössere Sicherheit bei der Talfahrt, namentlich

in Kurven. Die Achsen sind entweder von rundem oder quadratischem Querschnitt.

Die Verbindung der Räder mit den Achsen (Radsatz) ist entweder so, dass die Räder fest auf die Achse gepresst sind, oder dass eines fest und das andere lose sitzt, oder dass beide Räder lose laufen.

Bei engen Kurven empfiehlt es sich, wegen des leichteren Durchlaufens, das eine Rad nur lose anzubringen; beide Räder lose laufen zu lassen führt zu rascherer Abnutzung der Achsen.

Niedrige Räder erleichtern das Auf- und Abladen und gehen leichter durch Kurven mit kleinem Radius, als hohe. Letztere haben dagegen den Vorzug einer geringeren Abnutzung.

c) Das Lager.

§ 76.

Die Zapfen der Achsen laufen in Lagern, welche aus zwei Teilen, dem Oberlager und dem Unterlager, beide aus Gusseisen hergestellt, bestehen; innerhalb derselben befindet sich die auswechselbare Lagerschale, aus Weissmetall (Antifriktionsmetall) gegossen, in Verbindung mit der Schmiervorrichtung, welche so eingerichtet sein muss, dass eine kontinuierliche Schmierung stattfindet, damit sich die Achsen nicht erhitzen können.

d) Die Wagen.

§ 77.

Man unterscheidet das Untergestell, aus einem eisernen Rahmen bestehend, der oberhalb der Lager befestigt ist und auf welchem das Obergestell aufsitzt.

An dem Untergestell werden die Zugvorrichtungen angebracht; auch finden sich hier die Einrichtungen zur Einfügung von Kuppelstangen behufs der Verbindung zweier

Wagen (Zusammenkuppelung) zur Herstellung eines Wagenzuges.

Das **Obergestell** ist je nach der Art der zu transportierenden Objekte verschieden eingerichtet. Für Transport von Brennholz genügen Kastenaufsätze mit Stirnwänden, aber ausgehobenen Seitenwänden (Plateauwagen) s. Fig. 82.

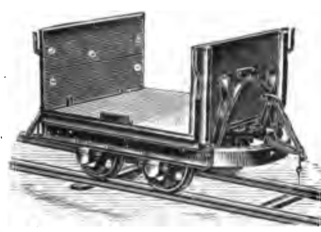


Fig. 82.

Für Langholztransport sind drehbare Schemelaufsätze auf die Unterwagen aufgesetzt. Die Stämme werden auf je zwei Wagen mittelst der Krahnen aufgeladen und mittelst Ketten und Haken zwischen den Ringen der Drehschemel befestigt (Figur 83 und 84).

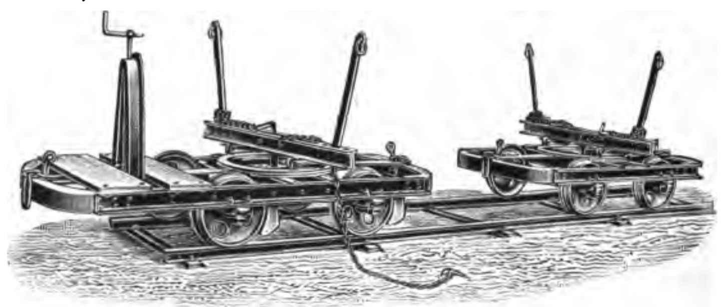


Fig. 83.

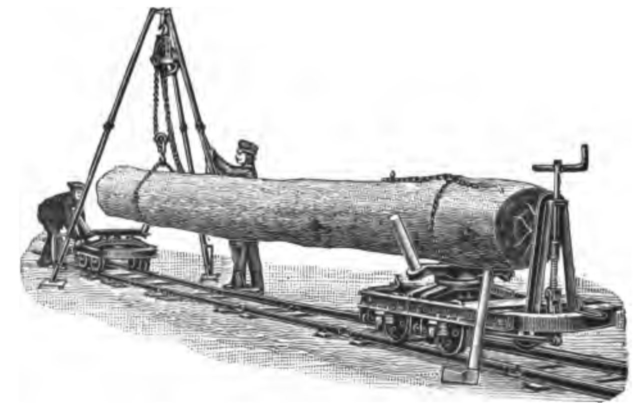


Fig. 84.

Für den Transport von Erde, Steinen, z. B. beim Strassenbau, kommen s. g. Kippwagen zur Anwendung, bei welchen auf einem Untergestell ein Muldenaufsatz angebracht ist, welcher sich zum leichten Abladen des Inhaltes nach einer Seite, oder noch besser nach beiden Seiten kippen lässt (Figur 85).



Fig. 85.

e) Bremsen.

§ 78.

Um bei fallender Fahrbahn die Geschwindigkeit der Wagen zu hemmen, werden die Räder gebremst.

Bei dem Handbetrieb auf beweglichem Geleise genügt für kleinere Wagen die Anwendung eines s. g. Bremsknüppels ($1^1/_2$ m lang, 6—8 cm stark), welcher unter das Querstück des Untergestellrahmens gesteckt und auf die Lauffläche eines Rades herabgedrückt wird.

Bei grösseren Wagen und einem Betrieb mit Gespannen oder gar Lokomotiven sind s. g. Spindelbremsen in Anwendung, durch deren Andrehen ein Zug auf die Bremsklötze (aus Papelholz hergestellt) ausgeübt wird, sodass dieselben auf die Laufflläche der Räder gepresst werden. Die Einrichtung ist ohne weiteres aus der Zeichnung, Figur 84 ersichtlich.

Tritthebelbremsen, bei welchen der Arbeiter einen Hebel durch Auftreten an das Ende desselben niederdrückt und dadurch die Bremsklötze an die Ränder anpresst, haben für

die Bremser die Gefahr des Abstürzens im Gefolge und sind daher besser nicht zu verwenden.

Um mittelst eines Bremsers von einem Wagen aus nicht nur diesen, sondern noch einen zweiten bremsen zu können, hat Forstmeister Bierau die Seilradbremse konstruiert.

Mittelst eines, über eine Rolle gehenden Seiles wird hier die anpressende Bewegung, welche eine Spindelbremse an dem hintern Wagen ausübt, auch auf den vorderen Wagen übertragen.

E. Hebevorrichtungen.

§ 79.

Das Aufladen der leichteren Hölzer bedarf keiner anderen Vorrichtungen als derjenigen, welche bei dem Holzfahren mittelst Fuhrwerk üblich sind. Man benutzt schiefe Ebenen, die aus entsprechend gelagerten Hölzern aufgebaut werden, auf denen die zu verladenden Stämme auf die Wagen gerollt werden, oder man bedient sich der Fuhrmannswinden, der Hebladen und ähnlicher Werkzeuge, die als bekannt vorausgesetzt werden können.

Für das Verladen schwerer Stämme benutzt man transportable Baumkrahnen, bei denen ein Flaschenzug in Anwendung kommt. Die Einrichtung einer solchen Vorrichtung ist aus der Zeichnung Fig. 84 ersichtlich.*

Beim Abladen der Stämme werden die Rungen der Drehschemel beseitigt und das Abgleiten der Stämme am besten auf einer mit Hülfe aufgestellter Böcke errichteten schiefen Ebene veranlasst.

---

* Weitere Konstruktionen von Ladevorrichtungen sind in „Runnebaum, die Waldeisenbahnen, Berlin 1886“ zu ersehen.

F. Betrieb und Kosten der Waldeisenbahnen.

a) Betrieb.

§ 80.

Während für die beweglichen Bahnen mit leichten Wagen und geringen Lasten der Handbetrieb, d. h. die Bewegung der Wagen mittelst der von den Arbeitern zu leistenden Kraft genügt, ist für den Transport grösserer Ladungen auf den festen Bahnen der Fuhrwerksbetrieb am Platze. Hierbei wird die Benutzung von Lohngespannen die Regel bilden und die Abfuhre des Holzes in Akkord zu geben sein. Man rechnet, dass ein Pferdegespann auf ebener Bahn täglich 60 fm Nadelholz auf eine Entfernung von 5 km transportieren kann, wobei 3 Fahrten à 20 fm angenommen sind.

Der Lokomotivbetrieb kommt nur bei einer Holzmenge in Betracht, welche einen ununterbrochenen Transport, Jahr aus Jahr ein ermöglicht. Derartige Voraussetzungen liegen besonders in ganz ausgedehnten bisher unaufgeschlossenen Waldgebieten mit namhaften Altholzvorräten und hohem Holzeinschlag vor. Im Gebiete des Reichslandes fanden sich solche Verhältnisse in den Vogesenwaldungen, insbesondere in den Oberförstereien Schirmeck und Alberschweiler.

Ungewöhnliche Anfälle von Holz durch Windfall oder Insektenverheerungen haben ebenfalls zur Einführung des Lokomotivbetriebes Veranlassung gegeben.

Man rechnet, dass, wenn ein solcher lohnend sein soll, mindestens ein jährliches Transportquantum von 10000 fm nachhaltig zur Abfuhre gelangen muss, wenn es sich um Anlagen in der Ebene oder um Talfahrt handelt, wogegen bei Bergauffahrt schon bei Massen von 3000 fm und mehr der Lokomotivbetrieb dem Pferdebetrieb überlegen ist.*

* Dotzel in Forstw. Zentralblatt 1900 S. 353.

Hinsichtlich der formellen Gestaltung der Betriebsdurchführung in Hinsicht auf Anstellung des nötigen Personals, Normierung der Frachtsätze usw. entscheiden die örtlichen Verhältnisse und die besonderen Erfahrungen. Allgemein gültige Regeln in dieser Hinsicht aufzustellen ist untunlich.

b. Kosten.

§ 81.

Bezüglich der Ausgaben für Herstellung des Erdkörpers einer Bahnanlage wird auf die betreffenden Darlegungen über Berechnung der Planierungsarbeiten von Waldwegen Bezug genommen. Wegen der geringen Breite des Bahnkörpers kommen die Herstellungsarbeiten billiger zu stehen als diejenigen für den Bau eines besseren Weges.

Für die geraden Geleise kann man, je nach der Schwere der zu verwendenden Schienen, für 1 m Geleise 3—5 Mark rechnen, für Kurvengeleise ist ein Zuschlag von 50 Pf. für das Meter zu machen.

Für eine bessere Weiche kommen 80—100 Mark in Ansatz, Kletterweichen stellen sich auf 50—60 Mark für ein Stück.

Ein eiserner Unterwagen stärkerer Konstruktion wird zu ca. 90 Mark Anschaffungskosten gerechnet. Dazu kommen Aufsätze für Brennholztransport, 4 Raummeter fassend, 80 bis 100 Mark, Drehschemel 30 Mark fürs Stück, eine Spindelbremse etwa 50 Mark, 1 Hebekrahn zum Aufladen von Langholz etwa 300 Mark.

So lassen sich ungefähr die Kosten überschlagen; für die Ausführung zieht man Angebote leistungsfähiger Fabriken ein und trifft die geeignete Auswahl unter Sicherung der nötigen Garantien.

In der Literatur finden sich einige Angaben über tatsächliche Kosten ausgeführter Waldbahnen. In der Oberförsterei Barr stellte sich 1 m ohne Erdarbeiten einschliess-

lich des rollenden Materials auf etwa 6 Mark.* In den preussischen Staatsforsten kam bei 106 km Waldbahnen unter den gleichen Voraussetzungen 1 m auf 4 M. 32 Pf. zu stehen.**

* Allg. F. u. J.-Ztg. 1893 S. 5.

** Preussens landwirtschaftliche Verwaltung 1884—87, Berlin 1888 S. 185.

Anhang,

enthaltend Erläuterungen und Zusätze.

Note 1.

Zur Theorie der Gefällemaxima.

Bei der Bestimmung der angemessensten Maximalsteigungen sind die Gesetze der Reibung, sowie diejenigen der schiefen Ebene ins Auge zu fassen.*

Die Reibung der Räderfuhrwerke fällt bekanntlich unter die Kategorie der rollenden Reibung; gleitende Reibung findet bei Schlitten und bei schleifenden (eingehemmten) Rädern statt. Das Mass des Reibungswiderstandes auf horizontaler Fahrbahn bemisst man nach der zur Fortbewegung einer Last erforderlichen Zugkraft. Der Widerstand entsteht durch den Druck der Last, bezw. durch das — wenn auch noch so unbedeutende — Eindringen oder Einsenken des unteren Radpunktes A (Figur 86). Seine Überwindung ist im letzteren Fall identisch mit dem Heben des Kreissektors MAB vom Punkt A auf den Punkt B. Die Kraft mag nun wirken

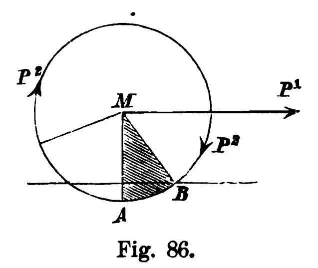


Fig. 86.

---

* Hierüber findet sich mancherlei Belehrendes auch in Pressler's Messknecht, dessen Notizen hier zum Teil benutzt sind.

am Mittelpunkt M ziehend oder schiebend wie P^1, oder am Umfang drehend wie P^2, — immer wirkt sie bei doppelt so hohem Rad an einem doppelt so grossen Hebelarm, überwindet also jenen Widerstand mit halber Anstrengung oder sie empfindet nur den halben Widerstand, bei n mal so grossem Radius des Rades also nur $\frac{1}{n}$ des vorigen Reibungswiderstandes. Bei Fuhrwerken ist es deshalb von Vorteil, soweit als zulässig, grosse Räder anzuwenden. Während bei gewöhnlichen Wagen die Radhöhe im Mittel zu 1,25 m zu veranschlagen ist, findet man am Niederrhein und in Holland zweirädrige Karren mit 2 m Radhöhe. Da sich die Widerstände umgekehrt wie die Radhöhen verhalten, so ist demnach hier das Verhältnis der deutschen Wagen zu den Holländer Karren wie 2 : 1,25, oder wie 160 : 100, mit anderen Worten: der Widerstand des Wagens mit niedrigen Rädern ist um 60 % grösser als der des hochrädrigen Karrens.

Abgesehen von der Reibung an den Radkränzen ist nun beim Fuhrwerk auch noch Zapfenreibung an den Achsen vorhanden. Den Einfluss der letzteren paralysiert man durch gutes Schmieren und kann ihn in diesem Falle ausser Acht lassen. An und für sich betrachtet, haben doppelt so dicke Achsen doppelt so grosse Achsenreibung zur Folge; ein geringer Achsendurchmesser wirkt daher günstig, während ein kleiner Raddurchmesser umgekehrt ungünstig wirkt. Daher sind die Fuhrwerkswiderstände proportioniert der Achsenstärke, dividiert durch die Radhöhe. Ist nun d = Achsendurchmesser und D = Raddurchmesser, so wird der Fuhrwerkswiderstand geringer in dem Verhältnis, in welchem der Wert $\frac{d}{D}$ abnimmt, was bei Verkleinerung von d und Vergrösserung von D eintreten wird.

Um nun bezüglich der Reibung der Radkränze die auf die Strassenförderung sich ergebenden Berechnungen auszuführen, bedarf man der Kenntnis der entsprechenden Widerstandszahlen. Nach dem französischen General Morin ist bei unseren gewöhnlichen Frachtfuhrwerken unter Annahme mitt-

lerer Radhöhe und guter Schmierung der Reibungswiderstand, oder die auf **horizontaler Strasse** erforderliche Zugkraft, ausgedrückt in einem Bruchteil der zu bewegenden Last (Reibungskoëffizient) folgendermassen zu beziffern:

Gutes Fuhrwerk erheischt	als Zugkraft
1. Auf sehr gutem Pflaster	$^1/_{70}$ oder 1,4 % der Belastung.
2. „ bester, ebener, glatter Chaussee	$^1/_{50}$ „ 2 % „ „
3. „ mittlerer (kotiger und geleisiger) Chaussee	$^1/_{20}$ „ 5 % „ „
4. „ schlechter Chaussee mit tiefen Geleisen und viel Kot. . .	$^1/_{13}$ „ 7,7 % „ „
5. „ festem Erddammweg. . . .	$^1/_{27}$ „ 3,7 % „ „
6. „ Erddammweg mit etwa 4 cm Kieslage	$^1/_{12}$ „ 8,3 % „ „
7. „ Erddammweg mit etwa 2 cm Kieslage	$^1/_{10}$ „ 10 % „ „
8. „ schlechtestem Erdweg*. . .	$^1/_8$ „ 12,5 % „ „
9. „ Holzbahnen	$^1/_{43}$ „ 2,8 % „ „
10. In ungebahntem Schnee	$^1/_{14}$ „ 7,1 % „ „

Auf glatter Schlittenbahn ist der Reibungskoëffizient für Schlitten nur . . . . $^1/_{33}$ = 3 %
Auf Eisenbahnen nur . . . . $^1/_{300}$ = $^1/_3$ %

Kennt man nun die durchschnittliche Leistungsfähigkeit unserer gewöhnlichen Zugtiere oder Gespanne, so ist leicht zu finden, welche Lasten einem solchen auf dieser oder jener horizontalen Strasse zur Bewältigung zugemutet werden können.

Die Leistung der Zugtiere pflegt man nach dem Verhältnis zwischen Kraft und Weg zu beurteilen und sagt z. B., das Pferd habe eine mittlere Zugkraft von 60 Kilogramm, d. h. es bewegt 60 Kilogramm in der Sekunde und zwar $1^1/_4$ m hoch; seine sekundliche Leistung ist daher mit $1^1/_4 \times 60 = 75$ Kilogrammmetern zu beziffern (= 1 Pferdekraft).

* Hier kann unter Umständen der Reibungswiderstand bis zur Unfahrbarkeit des Weges steigen.

Der Ochse hingegen hat zwar auch eine mittlere Zugkraft von 60 Kilogramm, jedoch dabei nur eine Geschwindigkeit von 0,8 m pro Sekunde. Seine Leistung in Kilogrammmeter ist daher nur $0{,}8 \times 60 = 48$ usw.

Wird die Kraft nach Kilogramm mit K, die Geschwindigkeit in Metern mit G und die Leistung in Kilogrammmetern pro Sekunde mit L bezeichnet, so ist

	K.	G.	L.
beim Pferd	60	1 1/4	75
„ Ochsen	60	0,8	48
„ Esel	36	0,8	29
„ Maulesel	50	1,1	55
„ Menschen	15	0,8	12

Für gewöhnlich kann einem Tiere die leichte Überwindung eines Widerstandes zugemutet werden, welcher gleich den oben angegebenen Zugkräften (K) ist. Ist nun zur Überwindung der Reibung so viel Zugkraft nötig, als der Bruch $\frac{1}{n}$ in Teilen der Last angibt, so kann offenbar dem Tier n mal so viel Last zugemutet werden, als sein obiges mittleres K beträgt. Ein Pferd zieht also bei horizontaler Bahn auf bester Chaussee mit 1/50 Reibung (unter 2) $50 \times 60 = 3000$ Kilogramm; hingegen auf schlechtestem Erdweg mit 1/8 Reibung (unter 8) nur $8 \times 60 = 480$ Kilogramm. Beim Ochsen findet nach obiger Tabelle das nämliche statt. Auf einem Schienengeleise kann ein Pferd $60 \times 300 = 18000$ kg fortbewegen.

Wiegt ein leerer Holzwagen 600 kg, so kann man daher auf schlechtestem Erdweg mit 1/8 Reibung bei horizontaler Bahn für 2 Zugtiere mit ($2 \times 8 \times 60 =$) 960 kg Zugleistung nur noch $960 - 600 = 360$ kg Holzfracht laden, was etwa einem halben Raummeter grünen Buchenholzes entspricht.*

* Hier würde also zur Fortbewegung nur eines vollen Raummeters schon die 1 1/2 fache Zugkraft des Gespannes in Anspruch genommen werden, woraus man ersehen kann, wie übermässig die Zugtiere angestrengt werden müssen, wenn ihnen auf derartig schlechten Wegen die Beförderung einer vollen Ladung zugemutet wird.

Das bisher mitgeteilte gilt nur für horizontale Strecken und es ist nun erforderlich, auch noch die Förderung auf geneigten (schiefen) Ebenen zu beleuchten, um für das auf diesen anzuwendende Gefälle praktische Regeln abzuleiten.

Bedeutet das Dreieck A B C in Figur 87 den Durchschnitt einer schiefen Ebene, deren Basis die Linie B C, deren Höhe A B, deren Länge A C ist, so wird die Steigung durch das Verhältnis der Basis B C zur Höhe A B ausgedrückt.

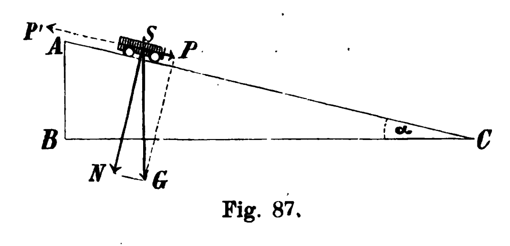


Fig. 87.

Ist α der Steigungswinkel der Strasse oder Ebene und bedeutet die Linie SG die Grösse des vertikal abwärts wirkenden Gewichtes der Last, so repräsentiert SN die Grösse des Normaldrucks = N auf die Unterlage AC, dagegen SP die Grösse des Abwärtstriebs = P. Bei der Aufwärtsförderung auf dieser Bahn ist also auser dem Reibungswiderstand auch noch derjenige Teil der Last zu überwinden, welcher durch das Verhältnis der Linie SP zu SG oder durch den Bruch $\frac{SP}{SG}$ ausgedrückt ist. Da nun △ CAB mit △ SGN oder △ GSP gleichwinklig ist, so verhält sich

$$SP : SG = AB : AC;$$

daraus folgt, dass die Kraft, welche den Körper zur schiefen Ebene heruntertreibt, sich zu seinem Gewicht verhält, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Nun ist offenbar

$$SG : SP = 1 : \sin \alpha$$

also $SP = SG \,.\, \sin \alpha$ oder: die Grösse der Abtriebskraft ist gleich Last $\times$ Sinus des Neigungswinkels.

Da bis 8—9 Grad oder 15 % Steigung die Tangenten von den Sinussen selbst noch in der 3. Dezimale äusserst wenig abweichen ($\sin 9^0 = 0{,}156$, $\tan 9^0 = 0{,}158$; $\sin 5^0$

$= 0{,}087$ tang $5^0 = 0{,}087$), so kann man anstatt Abtriebskraft = Last $\times$ Sinus auch = Last $\times$ Tangente setzen und somit jene abwärts treibende Kraft durch die Steigung des Weges in Prozenten der Länge ausdrücken, indem die Steigungsprozente den Tangenten genau entsprechen.

Hat also ein Weg 10% Steigung, so beträgt der Abwärtstrieb 10% der Last, mithin haben die Zugtiere zur Überwindung dieses Abwärtstriebes dann, wenn die Last 2500 Kilogramm beträgt, noch ein Mehr von 250 Kilogramm Zugkraft ausser der Überwindung des Reibungswiderstandes aufzuwenden. War nun die Strasse eine beste Chaussee mit einem Reibungswiderstand von $^1/_{50}$, so wären auf der Ebene $2500 \times {}^1/_{50} = 50$ kg Zugkraft aufzuwenden gewesen; der Widerstand auf einer 10% ansteigenden Strasse ist um 10% von $2500 = 250$ kg Zugkraft grösser als auf der Ebene, beträgt mithin $250 + 50 = 300$ kg, also das 6fache des horizontalen. Ist ein solcher Weg von 10% Steigung jedoch ein schlechter Erdweg mit dem Reibungskoëffizienten $^1/_8$, so würde bei 2500 kg Last schon 312,5 kg Kraftleistung zur horizontalen Beförderung nötig gewesen sein. Der Widerstand auf der 10% ansteigenden Strasse ist nun — wie oben gesehen wurde — 10% der Last m e h r, also hier 250 kg mehr und in Summa 562,5 kg.

Während demnach auf der guten Strasse der Widerstand der Steigung sich zur Horizontale verhielt wie 50 : 300, oder 1 : 6, haben wir auf schlechter Strasse nur das Verhältnis 312,5 : 562,5 oder 1 : 1,8. Hieraus geht hervor, dass der Widerstand auf Steigungen im Vergleich zu Horizontalleistungen in dem Grade stärker sich vervielfältigt, in welchem die Strasse besser oder ihr Reibungskoëffizient geringer ist.

Auf Eisenbahnen (Reibungswiderstand $^1/_{300}$) trägt schon eine Steigung von 1 : 300 dazu bei, den Widerstand zu verdoppeln, während schlechte Chaussee (Reibungswiderstand $^1/_{13}$) eine Steigung von $1 : 13 = 7{,}7$% gestattet, ehe die Zugtiere das Doppelte ihrer Horizontalanstrengung aufzuwenden haben, oder beim R e i b u n g s k o ë f f i z i e n t e n a% er-

höht sich für je a⁰/o Steigungsverhältnis der einfache Widerstand der Horizontalförderung um seinen vollen Wert, steigt also bei 2a⁰/o auf sein Dreifaches; bei 5a⁰/o Steigung auf sein Sechsfaches.

Nun hat aber die Erfahrung gelehrt, dass der täglichen Leistung der Zugtiere nicht mehr zugemutet werden darf, als das Doppelte ihrer mittleren Zugkraft, auf kurze Zeit vielleicht auch einmal das $2\frac{1}{2}$fache, beim ersten Anzuge sogar das 3fache. Da wir nun soeben gesehen haben, dass der Widerstand ein doppelter wird und mithin auch die Zugkraft auf das 2fache angespannt werden muss, wenn die Strasse eine Schiefe annimmt, deren Tangente oder Steigungsprozent dem Reibungskoëffizienten gleich wird, so folgt daraus, dass man noch mit der Ladung, welche die Zugtiere auf horizontaler Bahn bewältigen, ohne Vorspann ziemlich weite Strecken fahren kann, wenn man den Wegen das Steigungsprozent gibt, welches die Ziffern des Fuhrwerkswiderstandes oder des Reibungskoëffizienten angeben.

Erfahrungsmässig wiegt eine volle Fuhre von 3 Raummetern Buchenholz ca. 1500 Kilogramm, Nadelholz 1150 Kilogramm in trockenem Zustand. Ein mittlerer Wagen wiegt etwa 600 Kilogramm, die Last eines vollen Holzwagens beträgt daher 2100 resp. 1750 Kilogramm. Es entsteht nun die Frage, welcher Reibungskoëffizient noch vorhanden sein darf, wenn 2 Pferde (mit der durchschnittlichen Leistung von 60 kg) diese Last auf horizontaler Strasse bequem bewältigen sollen. Die Reibungsziffer $= \frac{1}{x}$ gesetzt, ist

a) bei Buchenholz

$$x \times 2 \times 60 = 2100; \frac{1}{x} = \frac{1}{17{,}5} = 5{,}7\,\%;$$

b) bei weichem Holz

$$x \times 2 \times 60 = 1750; \frac{1}{x} = \frac{1}{14{,}6} = 6{,}8\,\%.$$

Da wir nun gesehen haben, dass ein Steigungsverhältnis, welches dem Reibungskoëffizienten gleich genommen wird,

die Leistung der Zugtiere auf das Doppelte der Horizontalleistung anspannt und da auf die Dauer dies das äusserste ist, was man den Tieren zumuten darf, so folgt daraus, dass Waldstrassen, die einem ständigen Gebrauch bergauf unterliegen sollen, nicht mehr als 6 % Steigung bekommen dürfen, wenn volle Holzfuhren ohne Vorspann aufwärts befördert werden sollen.

Es muss die Aufgabe der Forstverwaltungen sein, in gebirgigem und steinigem Terrain die Hauptwege im Walde in einem solchen Zustand zu erhalten, dass der Reibungskoëffizient nicht grösser als $^1/_{20}$—$^1/_{25}$ wird; wie dies zu erreichen ist, gehört nicht hierher.

Soll auf kürzeren Seitenwegen den Zugtieren das 2 $^1/_2$-fache ihrer mittleren Kraft zugemutet werden, so kann man bei Annahme der Reibungszahl $^1/_{20}$ und Pferde- oder Ochsengespann das 1 $^1/_2$fache des Reibungskoëffizienten, also in diesem Fall $1\,^1/_2 \times {}^1/_{20}$ oder 7,5 % als Maximum der Steigung statuieren. Bei Zumutung der 3fachen Zugkraft unter denselben Voraussetzungen ist sogar das zweifache des Reibungskoëffizienten $2 \,.\, {}^1/_{20} = 10\,\%$ Steigung zulässig.

In beiden Fällen würde man noch eine volle Fuhre Brennholz auf kurze Strecken ohne Vorspann bewältigen.

Ein Erdweg mit $^1/_{12}$ Reibung gestattet auf horizontaler Bahn mittelst eines Pferde- oder Ochsengespannes nur die leichte Fortbewegung von $12 \,.\, 2 \,.\, 60 = 1440$ Kilogramm, erst bei anderthalbfacher Anspannung der mittleren Zugkraft ist hier ungefähr eine volle Fuhre trockenen Buchenholzes zu bewältigen. Sollen jedoch die Zugtiere das 2fache ihrer mittleren Leistung anwenden, so ist für volle Fuhren, mit $1^1/_2$ Zugkraft in der Ebene, nur noch eine Steigung von $^1/_3 \times {}^1/_{12}$ (Reibungsziffer) $= {}^1/_{36}$, oder knapp 3%, bei 3facher Leistung von $1 \times {}^1/_{12} =$ ca. 8% zulässig.

Note 2.

Die Absteckung gerader Linien.

Die Absteckung einer geraden Linie zwischen zwei gegebenen Punkten ist eine sehr einfache Aufgabe, wenn man in der Lage ist, von dem einen Punkt zum andern sehen zu können.

Ist jedoch, wie dies bei Absteckung von längeren Linien im Walde in der Regel der Fall sein wird, durch den Holzbestand die Durchsicht gehindert, so kommen zwei Fälle in Betracht:

a) Ist man im Besitze einer richtigen Karte, auf der die zwei Endpunkte verzeichnet sind, so wird einfach der Winkel bestimmt, den die zu ziehende Linie mit einer anderen bereits gegebenen Linie (Grenzlinie etc.) bildet. Es ist erforderlich, dass der Winkel nicht mit dem Transporteur abgenommen, sondern durch die Koordinaten berechnet wird, wobei sich in Figur 88 ergibt $x : y = 1 . \operatorname{tg} \alpha$, mithin $\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}$. Auch findet man die Grösse des Winkels auf folgende Weise: Man bestimmt durch Abgreifen auf der Karte die Grössen $AB = c$, $BC = a$, $AC = b$ und berechnet den Winkel A aus der Formel $\sin {}^1/_2 A = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$, worin $s = \frac{a+b+c}{2}$.

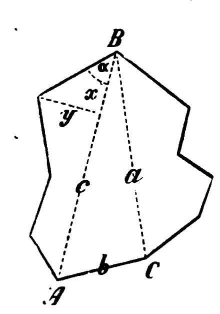


Fig. 88.

Nun hat man nur nötig, ein Winkelinstrument (Theodolit, Bussole usw.) auf dem Anfangspunkt in der durch den gefundenen Winkel bestimmten Richtung aufzustellen und mittelst der Visierlinie, welche sich nunmehr ergibt, die Zwischenpunkte in genügender Anzahl zu fixieren. Trifft man am Ende nicht genau auf den angenommenen Schlusspunkt, so ermittelt man die Differenz des getroffenen Endpunktes und desjenigen Endes, welches man zu erreichen gesucht hatte und zwar im rechtwinkligen Abstand von der abgesteckten Linie und beginnt die Absteckung nochmals, indem man eine Strecke auf der zuerst abgesteckten Linie

abmisst und von hier mittelst eines rechtwinkligen Abschlages einen Punkt der richtigen Linie bestimmt, wobei eine einfache Proportion angibt, wie lang der Abschlag zu nehmen ist.

Ist z. B. die abgesteckte (unrichtige) Linie nach der Karte 500 Meter lang und ist man am Endpunkt 13 Meter zu weit rechts oder links herausgekommen, so misst man in der zuerst abgesteckten (unrichtigen) Richtung eine gewisse Strecke, etwa von 20 Meter ab und findet nun aus der Proportion 500 : 13 = 20 : x, x = 0,52 Meter, d. h. der richtige Absteckungspunkt befindet sich von der ersten Linie in 0,52 Meter rechtwinkliger Entfernung. Hiernach wird die Absteckung wiederholt. Am einfachsten ist es, wenn man die Linie sogleich beim Messen in Stationen von je 20 Meter (einer Messbandlänge) einteilt, worauf man beim Verfehlen des richtigen Endpunktes in der soeben angegebenen Weise für jeden Stationspunkt nach einer einfachen Proportion die Differenz feststellen kann und auf diese Weise den richtigen Punkt erreichen wird.

b) Ist eine genaue Karte, auf der die Punkte, die durch eine gerade Linie zu verbinden sind, sich befinden, nicht zur Verfügung, so könnte man durch eine geometrische Aufnahme schnell die gegenseitige Lage der Punkte zu Riss bringen und nunmehr nach dem gefundenen Winkel durchstecken, wie unter a gelehrt wurde. Ist dies jedoch nicht in der Kürze zu bewirken, so bleibt nichts anderes übrig, als zunächst eine Linie in der ungefähren Richtung nach dem anderen Endpunkt auf gutes Glück abzustecken. Hierbei kann man sich auf den einen Punkt stellen und sich durch Rufen oder Hornsignal, bisweilen auch (wenn keine Feuersgefahr zu fürchten ist) durch Feuersignal oder Raketenaufsteigen über die ungefähre Lage des anderen Endpunktes orientieren.

Ist dies geschehen, so wird nun nach dem Augenmass abgesteckt und abgewartet, ob man den richtigen Endpunkt trifft oder nicht. Jedoch empfiehlt es sich auf alle Fälle, die Linie sofort zu messen, um beim Verfehlen des Endpunktes, was in der Regel der Fall sein wird, nach der Pro-

portion zwischen Länge der Linie und Differenz der Endpunkte zu bestimmen, wie weit bei den einzelnen Stationen rechtwinklig seitwärts gerückt werden muss, um die richtige Linie zu treffen.

Kommt man beim Abstecken gerader Linien auf Bäume, die nicht entfernt werden sollen, so hat man bekanntlich seitwärts von der ursprünglichen Linie eine Parallele abzustecken und, nachdem man an dem Baum vorbei gekommen ist, wieder in die alte Linie zurückzugehen.

Trifft man z. B. in der Linie A B C (Figur 89) auf den Baum bei C, so werden bei B und C gleich lange (z. B. 1 m grosse) rechtwinklige Abschläge B b und C c genommen und durch deren Endpunkte b c und ihre gerade Verlängerung die Gerade b c d e gefunden. Bei d und e nimmt man wieder ebensolange rechtwinklige Abschläge nach der ursprünglichen Linie A B C zurück = d D und e E und steckt in der Richtung D E weiter fort. Hier ist es klar, dass D E die Fortsetzung von A B C sein wird.

Fig. 89.

Noch nebenbei werde bemerkt, dass beim Abstecken gerader Linien ein Hauptgewicht auf die Auswahl ganz gerader, glatter und gleichstarker Stäbe zu legen ist. Um einen dritten Stab sodann in die Richtung einzuvisieren, welche durch zwei bereits gesteckte Stäbe gegeben ist, muss der Visierstrahl eine Tangente zu den Absteckstäben bilden, d. h. man sehe *scharf* an den beiden ersten Stäben vorbei und lasse den dritten Stab so feststecken, dass er dem Auge nur an seinem äussersten Rand eben sichtbar wird.

Note 3.

Vom Nivellieren.

a) *Begriff.*

Man bezeichnet mit dem Ausdruck Nivellieren die Operation, mittelst deren der Höhenunterschied zweier oder

mehrerer Punkte oder deren Erhebung über einer bestimmten horizontalen Ebene gemessen wird.

Für die Zwecke des Wegebaues kommt vielfach nicht sowohl die Ermittelung der absoluten Höhendifferenz zwischen zwei Punkten in Betracht, als vielmehr die Bestimmung des relativen Unterschiedes, ausgedrückt nach Prozenten der horizontalen Entfernung.

Horizontal nennt man jede mit der wirklichen Oberfläche der Erde oder des Meeres parallele Fläche. Da nun die Erde annähernd die Gestalt einer Kugel hat, so kann der wirkliche Horizont eines Punktes a (Figur 90) als ein Kreisbogen bac angenommen werden. Der durch Nivellierinstrumente angegebene Horizont dae heisst der „scheinbare" und die Linie de steht auf dem Erdhalbmesser af senkrecht. Da der Höhenunterschied mehrerer Punkte der Differenz ihres Abstandes vom Mittelpunkt der Erde entspricht, so müsste eine Korrektur wegen des Unterschiedes zwischen scheinbarem und wirklichem Horizont eintreten. Ebenso werden durch die verschiedene Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Entfernungen von der Erde die Lichtstrahlen, welche durch dieselbe hindurchgehen, gebrochen und der Lichtstrahl, der z. B. in Figur 91 von l nach a geht, ist keine gerade Linie, sondern entspricht der Bogenlinie abcdef; visiert man also von a nach dem Punkt l, so wird man ihn nicht in l, sondern höher, nämlich in der Richtung der Tangente am, welche an die Kurve ab ... l anschliesst, zu sehen glauben,

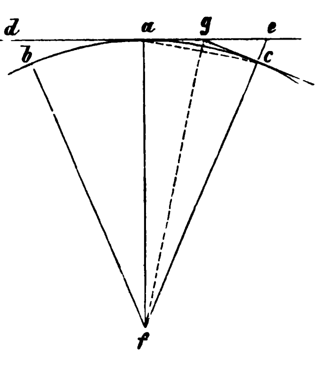


Fig. 90.

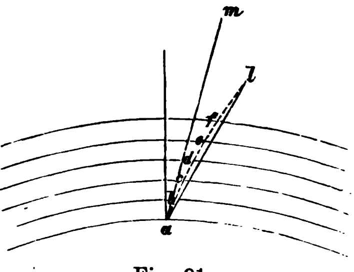


Fig. 91.

Der Winkel mal ist daher wegen der terrestrischen Strahlenbrechung abzuziehen. Er ist in allen Fällen sehr klein und es ist theoretisch ermittelt, dass die Kurve ab . . . l dem Bogen eines Kreises entspricht, dessen Halbmesser etwa 6 mal so gross ist als der Halbmesser der Erde.

Für die Zwecke des Waldwegebaues hat man nur solche einfache Nivellements nötig, bei welchen sowohl der Einfluss der Erdkrümmung als auch derjenigen der terrestrischen Strahlenbrechung unbeachtet bleibt.*

b) Instrumente.

Die Instrumente, welche zum Nivellieren verwendet werden, müssen uns die Horizontallinien angeben. Dies geschieht entweder mittelst solcher Vorrichtungen, welche durch ein frei schwebendes Lot eine Vertikallinie darstellen, zu welcher eine senkrechte Visierlinie gebildet wird, welche dann horizontal liegen muss (statische oder Pendelinstrumente)

---

* Die Korrektion wegen Krümmung der Erde findet man folgendermassen: In Figur 90 sind die rechtwinkligen Dreiecke eaf und ecg ähnlich. Mithin verhält sich af : ae = cg : ec; sonach ist $ec = \frac{ae \cdot cg}{af}$. Man kann aber hier ag oder gc für $\frac{1}{2}$ ae nehmen, da für den kleinen Winkel afc die Tangente ae sich von dem Bogen nur sehr wenig unterscheidet, mithin die kürzere umschriebene Linie ag oder gc in noch geringerem Masse. Man erhält also $ec = \frac{ae^2}{2\,af}$, d. h. man findet die Höhenkorrektion wegen der Erdkrümmung, wenn man das Quadrat der Stationslänge mit dem Erddurchmesser dividiert und um diese Korrektion muss man die Höhenunterschiede bei Steigungen vergrössern, bei Fall vermindern.

Da der mittlere Erddurchmesser 12733635 m beträgt, so ist die Korrektur $= \frac{ae^2}{12733635}$, oder $0{,}0000000785 \times ae^2$. Diese Fehlergrösse vermindert sich infolge der Korrektur wegen der Strahlenbrechung um $\frac{1}{6}$ ihres Betrages, wonach sich die Formel auf $0{,}000000065\ ae^2$ verändert, so dass bei einer Stationslänge von 1000 Meter die Korrektur erst 0,065 Meter betragen würde. Dass ein solcher kleiner Fehler bei kürzeren Entfernungen verschwindend klein ist und insbesondere für Nivellements beim Waldwegebau gänzlich vernachlässigt werden kann, liegt auf der Hand.

oder die horizontale Visur wird direkt durch Beobachtung einer Flüssigkeit hergestellt, welch' letztere bei ihrem Stillestehen immer horizontal ist (hydrostatische Instrumente).

1. Das einfachste statische Nivellierinstrument ist die allbekannte Setzwage, welche jedoch in Verbindung mit einer Latte und einem Setzstab nur zum Abwägen kleinerer Stationen benutzt werden kann, die nicht länger sind als die Latte.

Auf grössere Strecken ausgedehnt, würde ein solches Nivellement nicht nur sehr mühsam, sondern auch ziemlich ungenau werden.

Die Setzwage (Figur 92) wird durch ein gleichschenkliges, meist rechtwinkliges, von gut ausgetrockneten Holzlattenstücken gefertigtes Dreieck abc gebildet, von dessen Spitze c ein Faden mit Bleilot herabhängt, für welch' letzteres in der Mitte der Basis ab bei d ein Einschnitt ist, in welchem das Lot einspielen muss, wenn die Linie ab, beziehungsweise die zu ihrer Unterlage dienende Latte horizontal ist.

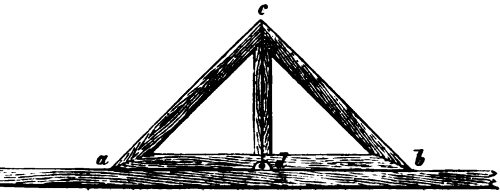
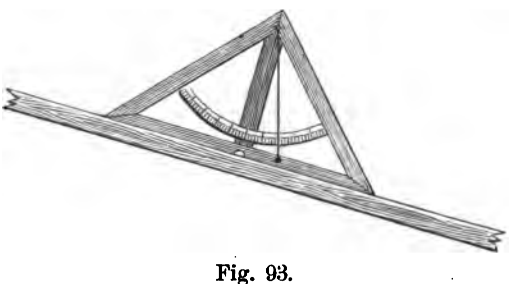


Fig. 92.

In welcher Weise ein zum Messen von Neigungswinkeln bestimmter Gradbogen angebracht wird, zeigt die Figur 93.


Fig. 93.

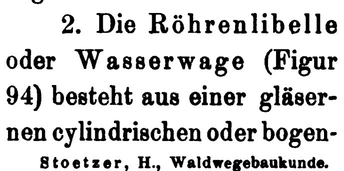

2. Die Röhrenlibelle oder Wasserwage (Figur 94) besteht aus einer gläsernen cylindrischen oder bogen-



Fig. 94.

förmig ausgewölbten Glasröhre, welche soweit mit Flüssigkeit (früher Wasser, jetzt Weingeist) gefüllt ist, dass nur eine kleine Luftblase übrig bleibt. Diese Glasröhre ist in ein metallenes Rohr eingefasst, in welchem bei cd ein Ausschnitt angebracht ist, in welchem die Luftblase zum Vorschein kommt, nachdem die bei e und f auf ein unterliegendes Metalllineal befestigte Röhre auf eine ebene Fläche (Setzlatte) aufgestellt ist. Spielt die Luftblase genau in der Mitte zwischen c und d ein, so ist die Unterlage der Libelle horizontal. Die Richtigkeit einer Libelle prüft man dadurch, dass man dieselbe auf eine ebene Unterlage stellt und die Luftblase zum Einspielen bringt, hierauf aber die Libelle um 2 R herumdreht. Spielt dann die Blase abermals ein, so ist die Libelle richtig, wenn nicht, so muss durch Abschleifen der Platte nachgeholfen werden, sofern sich nicht eine Regulierungsschraube an dem Instrument befindet, mittelst deren eine entsprechende Hebung oder Senkung der Libelle an deren einem Ende sich bewirken lässt.

Die Anwendung der Röhrenlibelle erfolgt in ähnlicher Weise wie die der Setzwage, nämlich zum Messen der Höhenunterschiede kürzerer Stationen, wobei ebenfalls Setzlatte und Setzstab in Anwendung kommen.

3. Die Kanalwage (Fig. 95) besteht aus einer blechernen, an beiden Enden rechtwinklig aufwärts gekrümmten Röhre, in welcher beiderseits gläserne Hohlcylinder eingekittet sind. Die Röhre wird etwa bis zur Hälfte der Glascylinder mit (am besten gefärbter) Flüssigkeit gefüllt und das ganze Instrument auf einem einfachen Stativ oder Stock aufgestellt. Nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren muss der Stand der Flüssigkeit in beiden Glascylindern von gleicher Höhe sein und eine Visierlinie, welche das Niveau jener Flüssigkeit auf

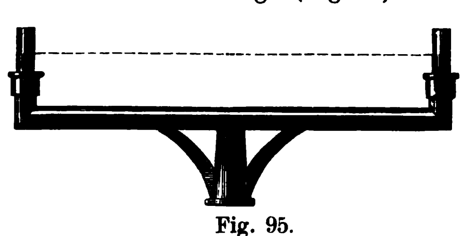


Fig. 95.

beiden Seiten des Instrumentes berührt, geht horizontal. In der Regel visiert man direkt über die Flüssigkeit hinweg; doch dienen wohl auch zu genaueren Arbeiten zwei Holzwürfel, die auf die Oberfläche der Flüssigkeit (in diesem Falle Quecksilber) gesetzt werden und von denen der eine ein Okular trägt, während an dem anderen ein entsprechender Objektivfaden angebracht ist.

Die Kanalwage ist unsicher bei windigem Wetter und unbequem beim Transport von einer Station zur anderen wegen des leichten Ausfliessens der Flüssigkeit. — Sie ist daher hauptsächlich nur noch im ebenen Terrain bei Nivellements auf Wiesenflächen, bei Grabenanlagen usw. im Gebrauch.

4. Die Nivellierinstrumente im engeren Sinne (Fig. 96 und 97) sind Röhrenlibellen in Verbindung mit Ab-

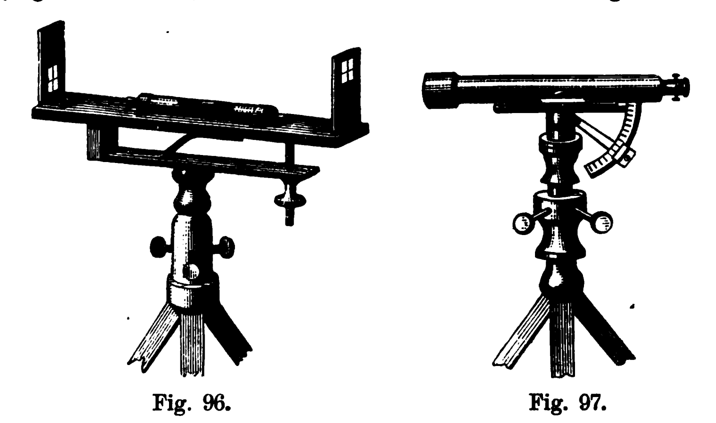


Fig. 96. Fig. 97.

sehvorrichtungen, entweder einfachen Dioptern oder Fernröhren, deren Achse mit der Libellenachse genau parallel laufen muss. — Viele Nivellierinstrumente sind so eingerichtet, dass die Achse der Absehvorrichtung sich in einen gegen den Horizont geneigten Winkel stellen lässt, wodurch man in den Stand gesetzt wird, Neigungswinkel zu messen oder auch das Steigungsverhältnis zwischen zwei Punkten nach Prozenten der Entfernung zu ermitteln.

Die ganze Vorrichtung ruht mittelst eines Zapfens auf einem gewöhnlichen Stativ und muss eine genaue Horizontal-

stellung neben einer sichern, am besten durch Mikrometerwerk zu regulierenden Drehung gestatten.*

Eine bemerkenswerte Einrichtung bietet das Taschen-Nivellierinstrument des Ingenieurs Wagner in Stuttgart. Dasselbe ist an der Seite eingeschnitten und mit einem Spiegel versehen, vermittelst dessen die seitwärts in der Wandung des Fernrohrs angebrachte Libelle beim Visieren sichtbar wird. Das Fadenkreuz des Instruments hat eine Prozenteinteilung, so dass man bei einspielender Libelle die Neigung einer Linie, welche mit einem Teilstrich zusammenfällt, direkt ablesen kann. Allerdings erstreckt sich infolge der Kleinheit des Fadenkreuzes die Teilung nur auf wenige Prozente.

Man ist bei Gebrauch dieses Instrumentes in der Lage, während des Visierens die Richtigkeit der Libelleneinspielung stets kontrolieren zu können.

Von den Nivellierinstrumenten hat man zu verlangen, dass bei horizontal stehendem Instrument der Querfaden horizontal sei, ferner muss die Libelle senkrecht auf der Umdrehungsachse stehen, also bei horizontaler Stellung und Umdrehung des Instrumentes immer denselben Stand behalten. Entspricht ein Nivellierinstrument dieser Forderung nicht, so erfolgt die Korrektur auf folgende Weise: Man stellt dasselbe mittelst der Stellschrauben so, dass die Blase der über zwei derselben stehenden Libelle einspielt; hierauf dreht man die Visiervorrichtung um 2 R. Die sich alsdann ergebende Abweichung wird zur einen Hälfte durch Drehung der an der Libelle befindlichen Regulierungsschraube, hingegen zur anderen durch entsprechenden Bewegung der Stellschrauben beseitigt.

5. Gefällmesser. Mit diesem Ausdruck bezeichnen wir die grosse Klasse derjenigen Instrumente, welche nach ihrer Anlage und Bestimmung wesentlich dazu dienen, die

* Zum Gebrauche als Nivellierinstrumente eignen sich neben den eigens zu diesem Zwecke konstruierten besonderen Werkzeugen auch die mit Höhenkreis versehenen Bussolen, sowie der Theodolit.

Neigung einer Visierlinie gegen den Horizont in Graden oder in Prozenten der horizontalen Entfernung anzugeben. — Die Konstruktionen dieser Instrumente wechseln ungemein und die Anzahl derselben ist sehr bedeutend.

a. Der Quadrantenstock besteht aus einem Halbkreis, auf dessen Durchmesser eine aus Okular und Objektiv bestehende Visiervorrichtung angebracht ist. Vom Zentrum herab hängt ein Lot, welches auf dem Halbkreis die Grade des Steigens und Fallens angibt (Fig. 98).

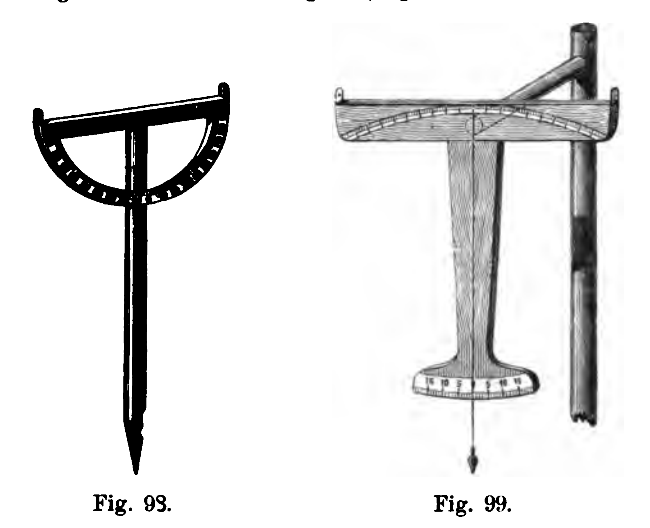


Fig. 98. Fig. 99.

b. Das Schwangler'sche Nivelierinstrument, konstruiert von dem Königlich Bayerischen Revierförster Schwangler zu Zell (siehe „Darstellung der in den Gebirgswaldungen des oberbayerischen Salinenforstbezirks in Anwendung kommenden Holzbringungsmittel, herausgegeben vom Königl. Bayer. Ministerial-Forstbüreau". München 1860, S. 36). Die bei diesem Instrumente angebrachte Teilung gibt nicht die Grade, sondern die Prozente des Steigens oder Fallens an. Die Konstruktion ergibt sich aus der Figur von selbst (Fig. 99).

c. Der bekannte Messknecht von Pressler, bei welchem ebenfalls durch ein vorhandenes Lot die horizontale Visierlinie hergestellt wird, gibt sowohl die Steigung in Graden,

als auch, da man auf ihm die Tangenten ablesen kann, das Gefälle in Prozenten der horizontalen Entfernung an.

d. Faustmann's Spiegelhypsometer. Auch bei diesem Instrument ist ein angebrachtes Senkel das Mittel zur Herstellung einer horizontalen Visierlinie. Dieses Senkel wird nach Tiemann zweckmässig in einen schwachen Metallrahmen eingespannt, wodurch der leichten Beweglichkeit bei windigem Wetter vorzubeugen ist. Die am Instrument befindliche Teilung gestattet die Messung von Gefälleverhältnissen nach Prozenten der Länge (s. Fig. 100).

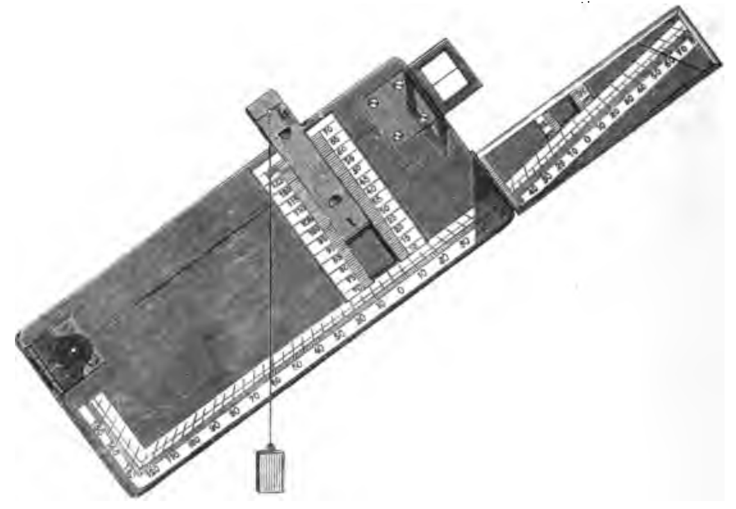


Fig. 100.

Eine Eigentümlichkeit dieses Instrumentes, durch welche sich dasselbe vor den sub a—c angeführten auszeichnet, ist die mit seiner Verwendung verbundene Möglichkeit, die jedesmalige Stellung des Lotes in dem Spiegel gleichzeitig mit der Vornahme der Visur beobachten zu können. Bei den anderen Instrumenten ist die Beobachtung des Senkels nur dann möglich, wenn man vor oder nach dem Visieren seitwärts des Instrumentes steht, so dass also, wenn der Visierende in dem Moment, in welchem er nach einem Objekt sieht, auch über den Stand des Senkels unterrichtet sein will, noch

ein zweiter Beobachter stehen muss, welcher den Stand des Senkels im Auge hat. — Bei dem Spiegelhypsometer fällt diese Notwendigkeit hinweg und man ist beim Gebrauch desselben unter allen Umständen nicht an die Benutzung eines Statives gebunden, welches bei den andern entweder nicht entbehrt, oder wie bei dem Pressler'schen Messknecht, nur dann entbehrt werden kann, wenn man einen Hülfsbeobachter zur Seite hat.

e. Das König'sche Messbrettchen (vergl. Königs Forstmathematik, 5. Auflage, § 240 und § 310). — Ein quadratisch geformtes Brettchen von etwa 20 cm Seitenlänge ist mit einem Liniennetz bezeichnet, welches jede Seite in 100 Teile teilt. Das an der einen Ecke angebrachte Senkel bewirkt, wenn es auf den Nullpunkt einspielt, die horizontale Visur; ist hingegen die Visierlinie geneigt, so gibt die am Rande abgeschnittene Anzahl der Teilungsstriche die Neigung der Visierlinie in Prozenten an. Öfters wird auch noch ein Gradbogen mit der erforderlichen Teilung angebracht. Dasselbe ist infolge neuerer Erfindungen gänzlich ausser Gebrauch gekommen. Seine Aufführung hat nur noch eine geschichtliche Bedeutung.

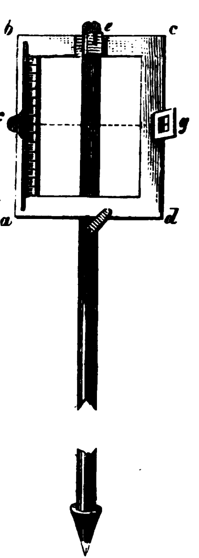


Fig. 101.

f. Das Bose'sche Nivellierinstrument, erfunden von dem Oberforstdirektor Bose zu Darmstadt, ist folgendermassen konstruiert: Ein rechtwinkliger Rahmen abcd (Figur 101), der aus Messing gefertigt und am unteren Ende ad besonders schwer gemacht ist, wird mittelst geeigneter Vorrichtung an einen Stativstab bei dem Punkt e aufgehangen, um welchen er sich leicht dreht. Vermöge seiner Schwere hängt der Rahmen immer senkrecht und die Querbalken bc und ad sind daher immer horizontal.

Bei f und g sind Visiervorrichtungen angebracht und

zwar bei g ein einfaches Objektiv, bestehend aus einem kleinen Rähmchen mit Pferdehaar, bei f das Okular, welches sich in einem Längsspalt an einer Skala auf- und abschieben, sowie mittelst angebrachter Feder und Schraube auf bestimmte Prozente feststellen lässt. Mit dem Okular ist gleichzeitig ein Nonius verbunden, durch welchen es möglich ist, Einstellungen bis auf Zehntel Prozente vorzunehmen. Das Bose'sche Instrument hat den Vorzug grosser Dauerhaftigkeit und einfacher Handhabung, so dass es auch ohne Bedenken einem intelligenten Arbeiter zum Gebrauch in die Hand gegeben werden kann.

g. Das Nivellier-Spiegeldiopter, nach einem englischen Muster von Gebrüder Zimmer in Stuttgart (jetzt Ludwig Tesdorpf, Nachfolger derselben) gebaut, beschrieben in der Allg. Forst- und Jagd-Ztg. 1880, S. 16, beruht, obgleich sehr handlich und leicht konstruiert, doch nicht auf dem Prinzip der Pendelinstrumente, sondern ist mit einer Röhrenlibelle verbunden. Dasselbe besteht aus einem mit Visiervorrichtung (jedoch ohne Fernrohr) versehenen ausziehbaren Rohr A der Zeichnung Figur 102 mit dem Fadenkreuz D und dem Okular a. An diesem Rohr ist durch die Schrauben d ein mit Prozentteilung versehener Höhenkreis B angebracht; mit ihm fest verbunden ist die Libelle b, welche auch an der unteren, dem Rohr zugekehrten Seite in der Hülse einen Ausschnitt hat. Korrespondierend damit besitzt das Rohr unter der Libelle ebenfalls einen Ausschnitt, unter welchem sich innerhalb des Rohrs ein kleiner Metallspiegel befindet, der gegen die Visierachse um ½ R geneigt ist, so dass der Stand der

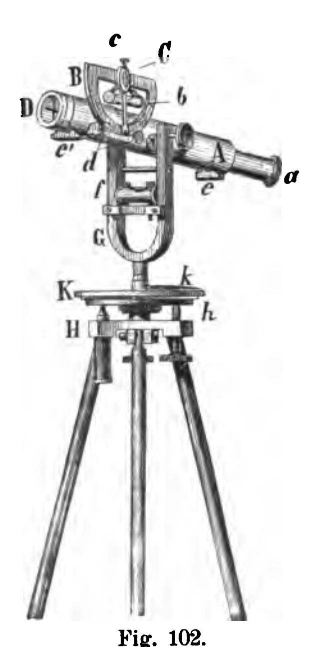


Fig. 102.

Blase in dem Spiegel reflektiert und zugleich im Okular sichtbar wird.

Analog wie bei dem Spiegelhypsometer lässt sich mit einem Blick nicht nur das zu beobachtende Objekt anvisieren, sondern auch der Stand der Libelle beobachten. Mit Hülfe des Höhenkreises kann man die Visur auf beliebige Prozente einrichten, wobei der Knopf C zum Drehen und die Schraube c zum Feststellen dient. Dieses Rohr kann sehr wohl aus freier Hand gebraucht, zu genaueren Arbeiten jedoch auch mit einem Stativ H versehen werden, in welchem Fall es in dem Bügel G befestigt wird. Bei f ist sodann noch eine Libelle angebracht; die Achse des Bügels G ist in der Büchse k der Scheibe K drehbar. Letztere kann zum Messen der Horizontalwinkel mit einer Gradeinteilung versehen werden, zur Horizontalstellung dient dann die Stellschraube h.

h. Analog dem Nivellier-Spiegeldiopter hat der Verfasser das Universal-Diopter mit Boussole konstruiert (Fig. 103). Hier wird durch das Vorhandensein des Spiegels die Möglichkeit einer stetigen Beobachtung der Libelle während des Visierens gewährt, während an der Prozentskala infolge einer angebrachten Zahnung die Gefälleverhältnisse jeder Visur

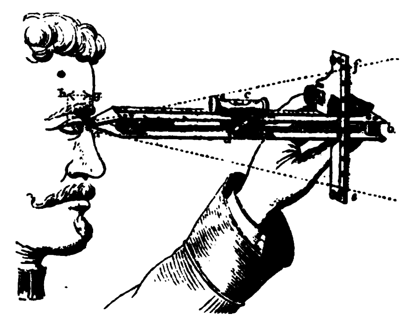
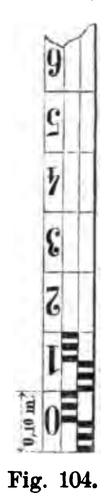


Fig. 103.

während des Visierens direkt abgelesen werden können, ohne dass erst die Feststellung der Visur bewirkt und demnächst das Gefälle durch besondere Betrachtung der Skala gefunden zu werden braucht. Der in dieser Einrichtung liegende Vorzug kommt namentlich dann zur Geltung, wenn das Gefälle einer gegebenen Linie zu ermitteln ist, weniger, wenn es sich darum handelt, eine Wegelinie mit einem gewissen Prozent aufzusuchen. Das, für gewöhnlich aus freier Hand zu benutzende Instrument kann zur Vornahme genauer Ni-

vellements auch auf ein leichtes Stockstativ aufgeschraubt werden. Ebenso ist mit demselben eine kleine Boussole zu verbinden, so dass auch Horizontalaufnahmen mit Hülfe dieses Instrumentes bewirkt werden können. Ausführliche Beschreibung s. in Allg. F. u. J.-Z. 1886 S. 158 ff.*

6. Nivellierlatten und Zieltafeln. Diese Hülfswerkzeuge dienen dazu, um die Visierlinien, welche mittelst der soeben beschriebenen Nivellierinstrumente gebildet werden, in einer Weise su fixieren, dass dadurch der beabsichtigte Zweck, nämlich die Ermittelung von Höhenunterschieden zwischen mehreren Punkten des Geländes, erreicht werde. Die Latten sind sämtlich 3 bis 6 Meter lang, aus weichem Holz gefertigt, mit weisser Ölfarbe gestrichen und in Meter, Dezimeter und Centimeter eingeteilt.


Fig. 104.

Arbeitet man mit Fernrohrinstrumenten, so ist man in der Lage, auch auf weitere Entfernungen hin noch die Zahl ablesen zu können, welche das Objektiv auf der Latte bezeichnet; es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Fernröhre die Objekte umgekehrt zeigen, so dass also, wenn man die Zahlen in dem Instrument aufrecht sehen will, dieselben auf der Latte verkehrt geschrieben sein müssen (Figur 104).

Um mittelst solcher Instrumente, an welchen ein Fernrohr nicht angebracht ist, auf weitere Entfernungen noch die von der Ziellinie abgeschnittene Zahl genau ermitteln zu

* Die Reihe der zu beschreibenden Gefällmesser würde sich hier leicht noch beträchtlich vermehren lassen. Es möge für die Zwecke unseres Werkchens die vorstehende Auswahl genügen. — Wir haben zunächst eine Reihe einfacherer Instrumente abgehandelt, darunter auch solche, welche sich unter Umständen an jedem Orte nach Bedürfnis — beim Mangel an feineren Instrumenten — leicht herstellen lassen. Für weitere Orientierung auf diesem Gebiet verweisen wir auf Schuberg's Waldwegebau, Bd. I., wo sich eine reichhaltige Auswahl mitgeteilt findet, ebenso auf Dotzels Handbuch des forstlichen Wege- und Eisenbahnbaues.

können, ist an der Latte eine viereckige Tafel von Holz oder Blech angebracht, welche sich auf- und abwärts bewegen lässt, indem auf derselben beiderseits Backen angebracht sind, welche gestatten, dass sie auf der Latte hin und her geschoben wird, wobei mittelst einer Schraube oder einer angebrachten Feder das Feststellen dieser Tafel bewirkt wird. Über diese Backen hinweg wird auf der Rückseite der Tafel ein Blech mit einem ca. 8 cm hohen Ausschnitt befestigt, mittelst dessen man die Zahl ablesen kann, welche dem Mittelpunkt der Zieltafel entspricht (Figur 105). — Während nun bei den Fernrohrinstrumenten der Beobachter die Ablesung auf der Latte direkt mittelst des Instrumentes besorgt, wird bei Anwendung anderer, eine beschränktere Fernsicht gestattender Instrumente die Zieltafel mittelst einer an ihr befestigten Schnur, die durch eine Rolle über das obere Ende der Latte hinweggeht, von dem Lattenführer nach Angabe des am Instrument arbeitenden Beobachters in die richtige Höhe eingerichtet. Hierauf wird die Tafel festgestellt, die Latte zur Kontrolle nochmals aufgerichtet und dann an der hinteren Öffnung der Tafel der Stand der Marke und mithin die Höhenzahl abgelesen.

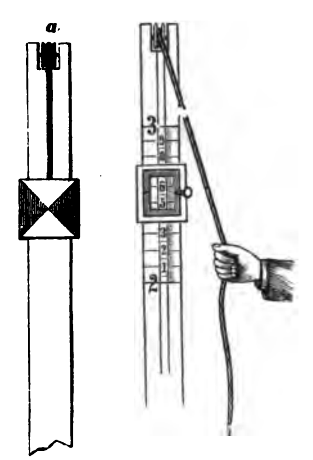


Fig. 105.

Bei Feststellung mittelst einer Feder (s. oben) bedarf es der Schnur zum Bewegen der Tafel nicht, sondern es erfolgt solches einfach durch Schieben mit der Hand. Letztere Einrichtung verdient in der Regel den Vorzug.

Zieltafeln ohne eine Skalaeinteilung sind gebräuchlich bei Anwendung von Gefällemessern, wenn es sich darum handelt, die Neigung einer Visierlinie nach Graden oder Prozenten zu ermitteln. Dieselben dienen hier lediglich dazu, um eine Zielmarke herzustellen, welche der Höhe des Okulars

über dem Boden entspricht. Zu diesem Behuf wird an einer starken Spalierlatte, die am Fuss mit Metall beschlagen ist, eine runde oder rechtwinklige Zieltafel befestigt, die in einer angebrachten Hülse an der Latte sich auf- und abbewegen, sowie mittelst einer Stellschraube oder Feder in beliebiger Höhe feststellen lässt (Figur 106).

7. Die Visierkreuze sind Vorrichtungen, welche in der aus Figur 107 ersichtlichen Weise aus zwei unter rechtem Winkel zusammengefügten Lattenstücken hergestellt sind.

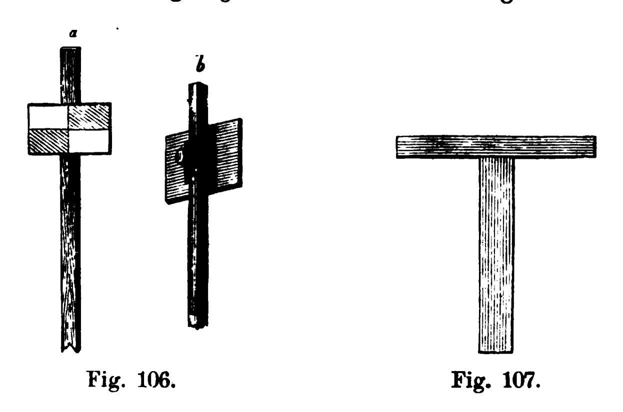


Fig. 106. Fig. 107.

Man bedarf deren stets 3 Stück und ihre Anwendung besteht darin, dass man bei zwei gegebenen festen Punkten, beispielsweise A und B der Figur 108 ermittelt, welche

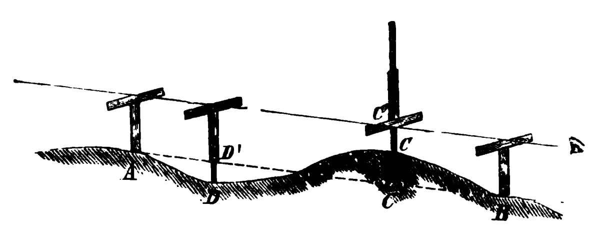


Fig. 108.

Höhenabstände über, bezüglich unter der normalen Steigungslinie bei C und D bestehen, die auszugleichen wären, wenn die Aufgabe gegeben wäre, die wellenförmige Terrainoberfläche ADCB in die gerade AD′C′B umzuformen. Zu diesem Behuf setzt man je ein Visierkreuz bei A und B auf,

visiert über deren Höhen hinweg und lässt nun in dem einen Falle bei D ein drittes Visierkreuz an einer Stange oder einem Massstab so weit heben, bis die Visierlinie das eingeschobene Kreuz an der Oberkante genau tangiert. Die ohne weiteres abzumessende Entfernung D D' gibt den Betrag der erforderlichen Erhöhung des Geländes an.

Um die Höhe D D' sogleich im Terrain festzulegen, schlägt man bei D einen Pfahl fest und bezeichnet durch eine anzubringende Kerbe den Punkt, an welchem der Fusspunkt des Kreuzes gestanden hat.

Handelt es sich im anderen Falle um Ermittelung der Höhendifferenz CC', so hat man in C einen Stab aufzustellen und an demselben das dritte Visierkreuz so hoch zu heben, bis der Visierstrahl über die Höhen der beiden anderen Kreuze hinweg denselben bei C'' trifft.

Offenbar ist nun hier die Linie CC'' gleich der Höhe der Kreuze. Da diese bekannt, bzw. leicht zu ermitteln ist, so braucht man von ihr nur den, durch Messung festzustellenden Betrag CC'' abzuziehen und erhält in dem Rest diejenige Zahl, um welche das Terrain zur Herstellung einer egalen Fläche bei C abgetragen werden muss. Um diesen Betrag sogleich örtlich festzustellen, müsste man bei C eine grabenartige Vertiefung anbringen, welche bis zu dem Niveau von C' niederginge.

c) Nivellementsverfahren.

1. **Nivellieren aus dem Endpunkt der Station.** Sind in Figur 109 die Punkte a und b als Endpunkte einer Station gegeben und soll deren Höhenunterschied a e gefunden werden, so stellt man sich mit dem Instrument in b auf und bestimmt mittelst desselben die horizontale

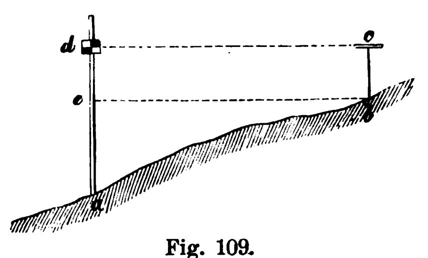


Fig. 109.

Visierlinie c d, die nach der auf a senkrecht aufgestellten Nivellierlatte gerichtet ist. Der Unterschied zwischen der auf letzterer abgelesenen Höhenzahl und der Höhe des Instrumentes, a d — b c = a e gibt unmittelbar den Höhenunterschied von a und b an.

2. Nivellieren aus der Mitte der Station. Wenn man behufs Ermittelung der Höhendifferenz zwischen den Punkten a und b der Figur 110 das Instrument beiläufig in der Mitte zwischen beiden aufgestellt und nun die Visierlinie c d bildet, welche die, einmal bei a und dann bei b senkrecht aufgestellte Latte in c und d schneidet, so braucht man nur die abgelesenen Höhenzahlen von einander zu subtrahieren, um in der Differenz b d — a c = e b den gesuchten Höhenunterschied zu finden.

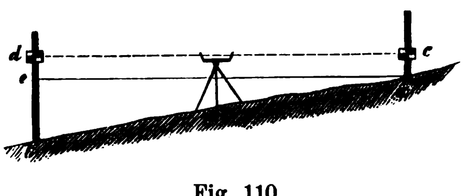


Fig. 110.

Aus naheliegenden Gründen ist es gar nicht nötig, dass der Punkt x, über welchem das Instrument zu stehen kommt, in gerader Linie mit a und b liegt. In wenig geneigtem und genügend holzfreiem Terrain kann man auch bisweilen mit Vorteil von einer Aufstellung aus die Höhenunterschiede zwischen mehr als zwei Punkten feststellen. Beim Notieren der Ablesungen gilt dann immer die „vordere" Lattenhöhe der letzten Station als „hintere" Lattenhöhe der nächsten.

Dieses Verfahren des Nivellierens aus der Mitte verdient den Vorzug vor der Methode sub 1, weil man die Höhe des Instrumentes nicht allemal zu messen braucht, die Stationen noch einmal so lang machen kann und auch die Korrektionen wegen der Strahlenbrechung und der Reduktion auf den Horizont in diesem Fall unnötig sind, da sich die Fehler gegenseitig aufheben.

Um sich vor Ausführung eines Nivellements zu versichern, dass das Instrument brauchbar ist, muss dasselbe geprüft und

der etwaige Fehler berichtigt werden. Es kommt hierbei vornehmlich inbetracht, ob die Visierebene mit der Ebene der Libelle parallel ist. Man verfährt folgendermassen:

1. Auf schwach aber gleichmässig geneigtem Terrain stellt man das Instrument horizontal genau in der Mitte zweier Stationspunkte auf. Selbst wenn die Visierlinie nun nicht horizontal wäre, so würde man doch auf diese Weise die richtige Höhendifferenz festzustellen vermögen, indem die Visur beide Male gleichmässig zu hoch oder zu niedrig geht, so dass die Fehler sich aufheben.

Ist nun auf diese Weise der Höhenunterschied richtig ermittelt, so wird das Instrument auf die eine Station gebracht, die Höhe desselben über dem Boden genau abgelesen, hierauf die Latte auf die andere Station gestellt, und daselbst diejenige Höhe, welche sich aus der Differenz zwischen Instrumentenhöhe und Terrainunterschied ergibt, bezeichnet. Man visiert nun diesen Punkt der Latte an und berichtigt demnächst die Libelle mit Hülfe der vorhandenen Korrektionsschrauben, bis die Blase genau in der Mitte der Libelle steht.

2. Man kann auch das Instrument nach einander auf die beiden Endpunkte einer Station bringen und durch Nivellieren den Höhenunterschied auf zweifache Weise bestimmen. Fallen beide Resultate zusammen, so ist das Instrument richtig.

Ist dies nicht der Fall, sondern ein Fehler der Visierlinie vorhanden, so wird die Höhe beide Male falsch und zwar einmal zu gross, das andere mal zu klein gefunden.

Sie ergibt sich hingegen in ihrem richtigen Betrag aus dem Mittel beider Resultate. Die Hälfte der Differenz bezeichnet den Fehler, um dessen Betrag die Zielmarke höher oder tiefer (je nachdem der Fehler negativ oder positiv ist) gerückt werden muss, um im richtigen Horizont zu stehen. Das Instrument wird nun auf die richtig gestellte Zielmarke einvisiert, worauf die Libelle mittelst der Korrektionsschrauben so lange zu regulieren ist, bis die Blase einspielt.

Bei einem Nivellement, welches sich auf eine grössere Höhe erstreckt und demzufolge eine Einteilung der Nivelle-

mentslinie in eine Mehrzahl von Stationen nötig macht, was für die Zwecke des Wegebaues die Regel bildet, kommt es darauf an, bequeme und übersichtliche Tabellen zu haben, in welche die Resultate mit Sorgfalt eingetragen werden müssen. Die Stationspunkte werden durch Pfähle genau bezeichnet und die letzteren bis zum Kopf eingeschlagen, so dass die Pfahloberkante als Standpunkt der Latte dient.

Stellt in Figur 111 die gebrochene Linie 0—7 ein un-

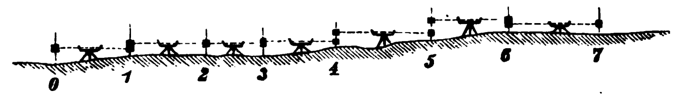


Fig. 111.

ebenes Terrain vor und wird nicht nur die Ermittelung des Höhenunterschiedes zwischen 0 und 7, sondern auch die Erforschung der Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Stationspunkten verlangt, so stellt man das Instrument der Reihe nach zwischen je zwei Stationspunkten auf, liest an den aufzustellenden Latten die von der Visierlinie abgeschnittenen Zahlen allemal beiderseits, und zwar zuerst die hintere, dann die vordere Höhe ab und trägt alle Resultate in folgender Weise in eine Tabelle ein:

Der Stationen No.	Der Stationen Länge	Lattenhöhe hintere	Lattenhöhe vordere	Steigen	Fallen	Gesamt-höhenunter-schied	Bemerkungen
	m	Meter		Meter		m	
0							
	20	2,68	0,54	2,14	—	2,14	
1							
	20	1,09	0,72	0,37	—	2,51	
2							
	15	0,90	2,71	—	1,81	0,70	
3							
	20	2,98	0,40	2,58	—	3,28	
4							
	25	2,70	0,10	2,60	—	5,88	Der bei Punkt 5 befindliche Grenzstein liegt 0,40 Meter höher als Station 5.
5							
	20	3,10	0,20	2,90	—	8,78	
6							
	25	2,40	3,10	—	0,70	8,08	
7							
Sa.	145			10,59	2,15		
			ab	2,51			
			Differenz	8,08			

Es wird nun in den meisten Fällen darauf ankommen, ausser der in der obigen Tabelle entwickelten Berechnung des Nivellements auch eine bildliche Darstellung desselben zu liefern, welche denjenigen Durchschnitt der Erdoberfläche zeigt, welcher entsteht, wenn man in der Richtung des Stationszuges eine Vertikalebene sich gelegt denkt (Längenprofil). Das Steigen und Fallen des Terrains ist nun im Verhältnis zu der Länge desselben immer nur klein und es ist deshalb, um die Höhenunterschiede bemerkbar hervortreten zu lassen, Regel, beim Auftragen eines Nivellements zweierlei Massstäbe zu benutzen und zwar zur Darstellung der Höhen einen zehnmal so grossen Massstab als zu dem Auftragen der Längen.

Bei kürzeren Nivellements bedient man sich für die Längen eines Massstabes von 1 : 1000, für die Höhen von 1 : 100; bei längeren Zügen wendet man, um nicht eine unübersichtliche und beim Gebrauch unbequeme Zeichnung zu erhalten, die Massstäbe 1 : 2000 bezw. 1 : 200 an.

Maafsstab der Längen = 1: 2000.
" " Höhen = 1: 200.

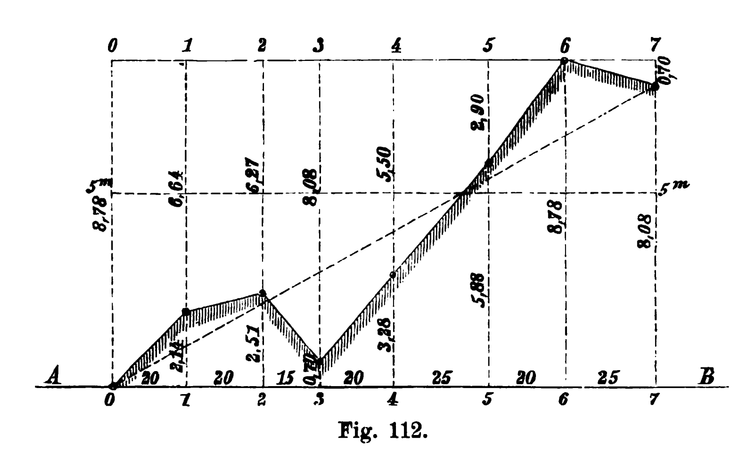


Fig. 112.

Um ein nivelliertes Terrain, z. B. das in Figur 111 dargestellte, aufzutragen, wird zuvörderst eine Normalhorizontale AB (Fig. 112) gezogen, welche durch den tiefsten oder

höchsten Punkt des Terrains geht. Auf dieser (AB) werden nun nach dem Längenmassstab und zwar nach der wahren Länge, nicht nach der horizontalen Projektion, die Masse der Stationen aufgetragen (0—7) und durch die Stationspunkte Senkrechte gezogen, auf welchen man nach dem Massstab der Höhen die in der letzten Spalte der Nivellementstabelle erhaltenen Data der Reihe nach aufträgt, worauf die Endpunkte verbunden werden. Auf diese Weise erhält man das verlangte Bild des Terrains und es wird nur noch bemerkt, dass das Auftragen stets aus der Nivellementstabelle, nie blos aus Notizen einer Handzeichnung geschehen muss, weil man sonst einer Prüfung entbehrt, welche durch die Rechnung selbst gegeben ist.

Ob man die Normalhorizontale durch den höchsten oder den tiefsten Punkt des Terrains gehen lassen soll, hängt lediglich davon ab, ob man bei dem Nivellement von oben nach unten oder umgekehrt operiert hat. Im letzteren Fall würde die Normalhorizontale durch den tiefsten Punkt zu legen sein. Zweckmässig ist es noch, bei bedeutenderen Höhenunterschieden zur leichteren Übersicht von 5 zu 5, oder 10 zu 10 Metern Höhenabstand Parallellinien mit der Haupthorizontale zu ziehen. In Taf. III S. 92 haben wir übrigens ein Längenprofil gebracht, auf welchem die Verwertung desselben zu wegebaulichen Zwecken des Näheren zu ersehen ist.

Die Prüfung der Richtigkeit eines Nivellements ist nicht, wie bei geometrischen Aufnahmen durch den Schluss der Figuren zu bewirken, sondern die bei aller Vorsicht dennoch leicht möglichen Versehen bleiben unentdeckt, wenn man nicht durch ein nochmaliges Nivellement eine Probe macht, worauf man bei Übereinstimmung der Wiederholung mit der erstmaligen Aufnahme den Schluss ziehen kann, dass die letztere richtig ist.

3. Absteckung von Linien, welche gegen den Horizont eine bestimmte Neigung haben. Bei Lösung dieser Aufgabe ist vor allen Dingen vorauszusetzen, dass die abzusteckende Linie keine grössere Neigung gegen den Horizont

haben darf, als die des Terrains ausmacht. Hat man nur Instrumente, welche die Horizontalstellung angeben, so setzt man das Nivellierinstrument über den Anfangspunkt und nimmt die zu ziehende Linie von einer bestimmten Länge, z. B. 20 m.

Soll die geneigte Linie nun 5 % Steigung erhalten, so muss der Endpunkt der Station $\frac{5 \times 20}{100} = 1$ m höher als der Anfangspunkt liegen. Man stellt also in einer Entfernung von 20 Meter die Latte auf und visiert, je nachdem die Linie steigen oder fallen soll, mit dem horizontal gerichteten Fernrohr diejenige Höhe an, welche der Instrumentenhöhe, abzüglich oder zuzüglich jenes oben entwickelten Betrages von 1 m entspricht. Man lässt also die Latte in der konstanten Entfernung von 20 m an verschiedene Stellen bringen, solange, bis durch die Visur jener bestimmte Punkt der Latte gedeckt ist, womit man sodann den anderen Punkt der abzusteckenden Linie gefunden hat. Um die Latte immer in der bestimmten Entfernung vom Instrument zu halten, kann man sich einer Kette oder Schnur bedienen.

Leichter erreicht man den Zweck, wenn das Instrument zum Einstellen der Visiervorrichtung nach einer gewissen Neigung, entweder nach Prozenten (wie bei den Gefällemessern) oder nach Graden, wie bei den meisten Fernrohrinstrumenten, eingerichtet ist. Man stellt das Instrument über dem gegebenen Punkt auf die verlangte Neigung, misst die Höhe des Statives am Okular bezw. bei Instrumenten ohne Stativ die Augenhöhe des Beobachters und lässt die Zieltafel auf eben diese Höhe einstellen.

Wird dann die letztere in beliebiger Entfernung vom Instrument an verschiedenen Stellen des Bodens aufgestellt und folgt man ihr mit der immer in gleicher Neigung erhaltenen Absehvorrichtung so lange, bis die Marke der Zieltafel vom Visierfaden gedeckt wird, so ist die gewünschte Linie abgesteckt, vorausgesetzt, dass das Instrument richtig ist. Eine Prüfung der Gefällemesser erfolgt analog dem für

die Prüfung der Nivellierinstrumente angegebenen Verfahren, nach welchem die Differenz zwischen dem Nullpunkt der Instrumententeilung und dem wahren Nullpunkt zu ermitteln und beim Gebrauch des Gefällemessers zu berücksichtigen ist.

Wenn das verlangte Gefälle, wie gewöhnlich beim Wegebau, nach Prozenten der Entfernung angegeben wird und man nur ein Instrument zur Verfügung hat, welches mit Gradeinteilung versehen ist, so wird die Reduktion der Prozente in Grade folgendermassen bewirkt:

Prozente	entsprechen bei			
	alter Teilung		neuer Teilung	
	Graden	Minuten	Graden	Minuten
1	—	34	—	63
2	1	9	1	27
3	1	43	1	90
4	2	17	2	53
5	2	52	3	16
6	3	26	3	80
7	4	—	4	44
8	4	34	5	28
9	5	9	5	71
10	5	43	6	35
11	6	17	6	96
12	6	51	7	59
13	7	24	8	22
14	7	58	8	85
15	8	32	9	47
16	9	5	10	9
17	9	39	10	72
18	10	12	11	33
19	10	45	11	94
20	11	19	12	57

d) Auswahl der Instrumente.

Je nach der Verschiedenheit des beabsichtigen Zweckes wird sich die Bevorzugung der einen oder der anderen Art von Nivellierinstrumenten richten. — Beim erstmaligen Aufsuchen einer Wegelinie sind ohne Zweifel die leichteren Gefällemesser nicht nur zulässig, sondern geradezu geboten. Obgleich sie beim Mangel an Fernröhren nicht gerade sehr lange Stationen zulassen, so erheischen sie doch auch keine durch-

aus vom Holzwuchs, namentlich Ästen frei gehauenen Visierlichtungen.

Sie sind im Dunkel der Dickichte sehr rasch fördernd und empfehlen sich daher für diese leichteren, öfters nur provisorischen Abeiten ungemein.

Zur Aufnahme eines genauen Längenprofils muss hingegen die Wahl unbedingt auf ein Libelleninstrument mit Fernrohr fallen, wobei es öfters von Nutzen ist, gleichzeitig die Horizantalwinkel der Wegelinie, behufs Erlangung eines Grundrisses, aufzunehmen, zu welchem Zweck die Boussole in Betracht genommen zu werden verdient.



Ferner:

Die

Forsteinrichtung.

Ein Lehr- und Handbuch

von

Prof. Dr. **H. Stoetzer.**

Grossherzoglich Sächsischer Geheimer Oberforstrat, Vorstand der Forstlehranstalt und der Forsttaxations-Kommission zu Eisenach.

gr. 8°. XI und 835 Seiten mit 33 Textfiguren und einer Bestandeskarte in Farbendruck.

Preis broch. M. 8.—, geb. in Leinwand M. 8.80.

Wenn der Verfasser trotz der bereits vorhandenen umfangreichen Literatur über diesen Gegenstand sein Lehrbuch der Öffentlichkeit übergeben hat, so war für ihn in erster Linie der Wunsch massgebend, mit der Lehre von der **Forsteinrichtung** auch die Lehre von der **Holzmesskunde**, erschöpfend, aber nicht in unnötiger Weitschweifigkeit, zu behandeln. Ausserdem wollte er auch den Anforderungen gerecht werden, die hinsichtlich einer zweckmässigen Verbindung der wissenschaftlichen Grundlagen mit einer Schilderung der praktischen Anwendung derselben gestellt werden dürfen. Denn gerade bei der Forsteinrichtung kommt die Vereinigung von Wissen und Können ganz besonders, und vielleicht mehr als in anderen forstlichen Disziplinen, zur Geltung.

Übrigens wird in diesem Werke nicht etwa nur eine Verarbeitung bereits vorhandenen Materials geboten, sondern es werden auch eine Reihe neuer und eigener Gesichtspunkte des Verfassers dargelegt.

